This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**Über dieses Buch**

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

**Nutzungsrichtlinien**

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

**Über Google Buchsuche**

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

11
Svendsen

Ueber den

# Harzfluss bei den Dicotylen

speziell bei

Styrax, Canarium, Shorrea, Toluifera
und Liquidambar

---

# Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen philosophischen Fakultät

der

Universität Bern

vorgelegt von

Carl Johan I. B. Svendsen
Apotheker
aus Tromsö (Norwegen)

KRISTIANIA
ALB. CAMMERMEYERS FORLAG
1905

MICROFILMED
AT HARVARD

Von der philosophischen Fakultät auf Antrag des Herrn Prof. Dr. Tschirch angenommen.

Bern, den 26. Februar 1904.

Der Dekan:
**Prof. Dr. Haag.**

Morten Johansens Bogtrykkeri. — Kristiania 1905.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. A. Tschirch im pharmaceutischen Institut der Universität Bern im Wintersemester 1902—03 und im Sommersemester 1903 ausgeführt.

Es sei mir gestattet, auch an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer

*Herrn Prof. Dr. A. Tschirch*

meinen herzlichsten Dank auszusprechen für sein liebenswürdiges Entgegenkommen und für die vielen Anregungen, Winke und Rathschläge, die er mir wiederholt zu Theil werden liess.

*Der Verfasser.*

# UEBER DEN HARZFLUSS BEI DEN DICOTYLEN,

## SPEZIELL BEI STYRAX, CANARIUM, SHORREA, TOLUIFERA UND LIQUIDAMBAR

VON

CARL JOHAN SVENDSEN.

---

Die Entstehung der pharmacognostisch und technisch wichtigen Harze und Balsame ist erst in den letzten Jahren eingehend studiert worden. Bei vielen der in Betracht kommenden Pflanzen, z. B. bei den Coniferen, wurden Harzkanäle schon ziemlich frühzeitig entdeckt, und zwar in den verschiedensten Organen, z. B. in den Blättern, in der Rinde (Abies), im Holzkörper und in der Rinde (Picea, Larix, Pinus). Diesen normalen Harzkanälen wurde dann ursprünglich der Harzfluss zugeschrieben; eine genauere Untersuchung lehrte aber, dass bei einer grossen Zahl dieser Secrete diese Kanäle und ihr Inhalt lange nicht zur Erklärung des z. Th. enormen Harzflusses ausreichen.

Aber auch viele Bäume, die keine oder nur schwer zugängliche Balsamkanäle führen, liefern Harzproducte. So haben die Storax bezw. Sweet gum liefernden Liquidambar-Arten nur markständige Kanäle und Styrax Benzoïn, ein Baum, der wie die zwei anderen mehrmals untersucht worden ist, hat überhaupt keine. Da die bei der Gewinnung der verschiedenen Harzproducte angebrachten Verletzungen, von denen man ursprünglich glaubte, dass sie nur den Zweck hatten, die vorhandenen Kanäle zu öffnen, alle nur in den peripheren Theilen des Stammes angebracht wurden, lag es nahe zu vermuthen, dass die Rinde der Sitz der Harzbildung sein müsse. Die angestellten Untersuchungen schienen auch eine solche Vermuthung zu bestätigen.

*Unger* unterwarf z. B. die Rinde von Liquidambar einer genauen Untersuchung und kam zu dem Resultat, dass der Balsam durch chemische Metamorphose der Zellwände der Rinde entstünde (*Wiesner* 73, pag. 138). Autentisches Material von Styrax Benzoïn untersuchte *Wiesner* (72, pag. 87 seq.). Nach ihm entstehen in der Benzoïnrinde lysigene Lücken, und das Harz bildet sich theilweise durch eine rückschreitende Metamorphose der Zellwände, theils durch eine chemische Umänderung der Inhaltskörper der Zellen. Zu einem hiermit übereinstimmenden Resultate kam später *Tschirch* (88 II, pag. 10—11). Während eines Aufenthaltes in den holländischen Colonien gelanget er aber zu der Ueberzeugung, dass die Benzoë ein pathologisches Secret sein müsse (*Flückiger* 91, pag. 120).

Ein wenig später machte *H. Mayr* (94, pag. 38) die Beobachtung, dass bei den Coniferen in einzelnen Fällen Harzkanäle auftraten, die in grösserer Zahl vorhanden und weiter entwickelt waren, als die normalen, ohne dass er eine Erklärung weder über die Entstehung noch über die Function dieser grösseren Kanäle geben konnte. Ebenso machten gelegentlich *Ratzeburg* und auch *Frank* (95, pag. 47 & 49) die Beobachtung, dass die bei einer Verwundung gebildeten Holzschichten bei den Coniferen mehr und grössere Kanäle führen als die normalen Schichten.

Eine Erklärung dieser Thatsachen gaben *Tschirch* und seine Schüler *Nottberg* und *Faber* in ihren Arbeiten über Harzgallen und Harzfluss bei den Abietineen. Es gelang *Nottberg* nachzuweisen, dass bei dieser Familie eine Bildung von Harzgallen und abnorm grossen und zahlreichen Harzkanälen als Begleiterscheinung der verschiedensten Verletzungen auftritt. (97.) Selbst bei der Edeltanne, die sonst keine holzständigen Kanäle führt, bilden sich nach den Verwundungen solche. In einer späteren Arbeit gelang es *E. Faber* (01) — wie *Nottberg* auf Experimente sich stützend — die folgenden, hauptsächlichen Resultate seiner Untersuchungen über den Harzfluss der Abietineen aufzustellen:

Eine jede Verwundung, welche die Rinde bis zum Cambium verletzt, erzeugt einen Harzfluss.

Dieser setzt sich zusammen aus einem primären, indem die vorhandenen, normalen Kanäle, die geöffnet werden, ihren Inhalt über die Wunde ergiessen, und aus einem secundären, der nur aus den pathologischen, in dem als Folge des Wundreizes ge-

bildeten, anormalen Neuholze in enormer Menge entstandenen Kanälen herrührt.

Der secundäre Harzfluss hält so lange an, bis die Wunde verheilt ist.

Die Intensität des Harzflusses ist von der Grösse der Wunde und der Dauer der Einwirkung des Wundreizes abhängig.

Der Wundreiz äussert sich am kräftigsten in dem oberhalb der Wunde befindlichen Zweigtheil.

Diese Arbeiten gaben *Tschirch* die Veranlassung dazu, die Harzproducte in zwei grosse Gruppen zu theilen, nämlich einerseits physiologische Harze, die durch Oeffnen normal vorhandener Kanäle in kleineren Mengen austreten (Sandarac, Strassburger Terpenthin) und andererseits pathologische Harzproducte zu unterscheiden, die aus pathologischen, in Folge von Verwundungen gebildeten Harzkanälen austreten (alle anderen Terpenthine) (*Tschirch* 00, pag. 2).

Was die Angiospermen betrifft, so wurden mehrere Versuche angestellt, um die Entstehung ihrer vielen Harz- und Balsamproducte zu erklären. Wie schon erwähnt gingen diese alle von dem Gesichtspunkte aus, dass die Rinde die Bildungsstätte der Balsamproducte sein müsse, und die Arbeiten von *Unger*, *Wiesner* und *Tschirch* schienen diese Annahme zu bestätigen. Dass diese Harze etc. einem pathologischen Vorgang ihre Entstehung verdanken, wurde durch die Arbeiten von *Tschirch* und seinen Schülern *Lüdy* (93, I), *Oberländer* (94) und *Trog* (94) festgestellt, die gesundes, nicht harzendes Material von Styrax Benzoïn, Toluifera Pereirae und T. Balsamum untersuchten. In dem normalen, erwachsenen Stamm konnten sie keinerlei Secretbehälter nachweisen und die chemischen Analysen der verschiedenen Rinden ergaben, dass diese keine der in den drei Balsamproducten auftretenden Stoffe enthielten.

Dann erschien 1896 die wichtigste aller diesbezüglichen Arbeiten. Es gelang nämlich *Moeller* (96) nachzuweisen, dass bei Liquidambar styraciflua und L. orientalis nach Verletzungen pathologische Kanäle in dem Holzkörper auftreten, in welchen die Harzproducte der zwei Bäume gebildet werden, ohne dass ein anderes Gewebe, wie z. B. die Rinde, dabei eine Rolle spielt. Ueber die Arbeit *Moellers* werde ich später eingehend referieren. Hier sei nur erwähnt, dass er auch die Vermuthung ausspricht,

dass die den Liquidambarbalsamen so ähnlichen Producte der Toluifera-Arten, der Peru- und der Tolubalsam, durch ähnliche Processe zustandekommen. Untersucht hat er bei diesen die Verhältnisse nicht.

Schon während seines Aufenthaltes in den indischen Colonien Hollands hatte *Tschirch* verschiedene harzliefernde Bäume verwundet, um den Einfluss dieser Verletzungen zu studieren. Die Versuche sind dann später auf *Tschirchs* Veranlassung und nach seinem Plane im botanischen Garten in Buitenzorg durch *Treub* in erweitertem Masse wiederholt worden. Herr Prof. *Treub* hat die verwundeten Zweige an Prof. *Tschirch* gesandt, und dieser übergab sie mir zur Untersuchung. Wir sind Herrn Prof. *Treub* sehr dankbar dafür, dass er die Güte hatte, die Versuche auszuführen. Die Versuche wurden an Styrax Benzoïn *Dryand.*, Canarium commune *L.*, Shorrea stenoptera *Burck*, Toluifera Balsamum *L.* und T. Pereirae *Baillon* gemacht.

Die Versuchsobjecte waren alle sicher bestimmte Exemplare des botanischen Gartens zu Buitenzorg, und die Verwundungen solche, die bei den verschiedenen Methoden der Harzgewinnung in Frage kommen:

«Fensterwunden» durch Entfernen grösserer Rindenstücke bis an das Cambium, was etwa dem «Fenstern» der Forstleute entspricht.

«Ringelungswunden», bei welchen ein je nach der Grösse des Zweiges verschieden breiter Ring, aus allen extracambialen Elementen bestehend, entfernt wurde.

«Schwelwunden» durch Anbrennen mit einer Flamme, wie diese Verwundungsart z. B. bei der Gewinnung des Perubalsams Verwendung findet.

Kleinere Schnitt- und Kerbwunden verschiedener Art, theils nur bis an das Holz, theils in dieses hineingehend, wie sie z. B. bei der Gewinnung der Sumatrabenzoë angewendet werden.

Nach verschieden langer Zeit — im Allgemeinen etwa nach 3 Monaten — wurden die verwundeten Zweigstücke abgesägt, und theils trocken, theils in Alkohol aufgehoben. Die letzte Conservierungsmethode erwies sich als am wenigsten vortheilhaft. Das in den Kanälen gebildete Harz wurde dadurch ausgelöst und fortgeschwemt und mit ihm alle anderen Elemente, die über die

Erweiterung der Kanäle und die Bildung des Harzes Aufschluss geben konnten.

Die Versuchsobjecte wurden aus verschiedenen Familien genommen, und selbstverständlich wurden hauptsächlich Arten gewählt, die technisch oder pharmaceutisch wichtige Balsam- oder Harzproducte liefern. Dann wurden auch Arten gewählt, die entweder zu keiner Zeit im normalen Zustande Balsamkanäle haben, oder auch andere, die entweder nur in jugendlichem Zustande oder durch ihr ganzes Leben solche führen.

Die Versuche wurden mit folgenden Arten angestellt:

Styrax Benzoïn *Dryand.* (Styracaceae). Der Baum enthält normal in keinem Organ Balsamkanäle.

Canarium commune *L.* (Burseraceae). Die secundäre Rinde und die Siebtheile der markständigen Gefässbündel führen Harzkanäle.

Shorrea stenoptera *Burck.* (Dipterocarpaceae). Das Mark und der Holzkörper haben Harzkanäle.

Toluifera Balsamum *L.* und T. Pereirae *Baillon.* (Leguminosae, Papilionatae). In der primären Rinde Harzkanäle, die später abgeworfen werden.

Das verwundete Material wurde mir zur Verfügung gestellt. Im Laufe der Arbeit stellte sich heraus, dass die Untersuchungen *Moellers* über Liquidambar z. Th. der Vervollständigung bedurften, und es schien nun wünschenswerth, von den inzwischen gewonnenen, neuen Gesichtspunkten ausgehend, seine Untersuchungen zu vervollständigen. So wurde dann auch ein Theil des *Moeller*'schen Materials, das sich in den Sammlungen des Berner pharmaceutischen Instituts befindet, in den Bereich meiner Arbeit hineingezogen.

Als den Heerd der Harzbildung dürfen wir bei den normalen Balsamkanälen nach den Untersuchungen *Tschirchs* und seiner Schüler die «resinogene Schicht» annehmen. Auch bei den bisher untersuchten pathologischen Kanälen der Abietineen haben *Nottberg* und *Faber* die Existenz einer solchen nachgewiesen. Bei meinen Untersuchungen über die nach Verwundungen auftretenden anatomischen Aenderungen im Bau des Holzes und der Rinde der oben genannten Bäume habe ich meine Aufmerksamkeit auch auf diese Frage gelenkt.

In meiner Arbeit habe ich somit versucht, die folgenden Fragen zu beantworten:

*1.* Welche Aenderungen treten im Holzkörper und in der Rinde nach den angebrachten Verletzungen auf?

*2.* Ist das von *Tschirch, Nottberg* und *Faber* bei den Coniferen und von *Moeller* bei Liquidambar beschriebene Auftreten eines von dem nach der Verwundung gebildeten Neuholze ausgehenden Harzflusses eine im Pflanzenreich allgemein eintretende Reaction auf Verletzungen?

*3.* Wie reagieren die Bäume auf die verschiedenen Formen von Verletzungen, die Verwendung finden um einen Harzfluss zu erzeugen?

*4.* Neigen die Angiospermen wie die Abietineen zur Bildung von Harzgallen?

*5.* Welche Rolle spielt die Rinde bei einem eventuellen pathologischen Harzfluss der Angiospermen?

---

## Styrax Benzoïn Dryand.

Styrax Benzoïn, nach den übereinstimmenden Angaben aller Pharmacognosten die Stammpflanze der Sumatrabenzoë und wahrscheinlich auch der Siambenzoë ist ein mittelgrosser Baum, der hauptsächlich auf der hinterindischen Halbinsel, sowohl in Cochinchina und Annam als auch tief in dem Inneren Siams, im Berglande der Laos im oberen Stromgebiet des Salain und Mekong vorkommt; dann kommt der Baum auch auf den Sundainseln vor, von denen Sumatra ziemlich viel Droge liefert; auf den Sundainseln wird der Baum z. T. kultiviert, so z. B. auf Sumatra (*Oudemans* 80, pag. 521) und auf Java (*Tschirch* 92, pag. 133).

Die Blätter und die jungen Zweige sind mit ziemlich dickwandigen, luftführenden Haaren besetzt, die dem ganzen Baume einen eigenthümlichen grauen Farbenton geben; Drüsenhaare fehlen vollständig, der ganze Baum ist geruchlos (*Wiesner* 72, pag. 87; *Tschirch* 92, pag. 133) und Harzkanäle oder andere Harzbehälter sind in dem gesunden Baume nicht gefunden worden.

Ein etwa millimeterdicker Zweig (Alkoholmaterial aus dem *Tschirch*'schen Herbar) bietet auf dem Querschnitt folgendes Bild dar:

Das Mark ist beinahe rectangulär, besteht aus ziemlich isodiametrischen Zellen mit reichlicher Tüpfelung und grossen Intercellularräumen, und nimmt etwa $^4/_{10}$ des ganzen Querschnittes ein. Der Holzring ist etwa 0.2 mm. breit, besteht aus ziemlich zahlreichen Gefässen von einem schwach entwickelten Holzparenchym und einem kräftigen Libriformgewebe begleitet; die Markstrahlen sind ein- bis dreireihig mit nur wenig in radialer Richtung gestreckten Zellen.

Die Rinde, etwa ebenso dick als der Holzkörper, wird durch einen, an 4—5 Stellen unterbrochenen, aus 3—4 Zellreihen bestehenden Bastzellring in einen inneren, die Siebröhren enthaltenden und einen äusseren, parenchymatischen, Chlorophyll und Stärke führenden Theil zerlegt; die Epidermis ist einzellig, ohne besondere Wandverdickungen und mit den oben erwähnten einzelligen, im Allgemeinen zu zwei oder drei in Gruppen vereinigten, luftführenden derbwandigen Haaren besetzt.

An einem Zweige von etwa 1.5 mm. Dicke hatte sich innerhalb des Bastringes ein Phellogen gebildet (cfr. *Solereder* 99, pag. 588). Schon bei einer Dicke von etwa 2.5 mm. sind die Zweige mit einer typischen Borke bedeckt, in der man die Reste der ursprünglichen primären Rinde, d. h. die Zellen des Bastringes, das Parenchym und oft auch die Epidermis mit den Haaren unterscheiden kann. In diesem Stadium des Wachsthums tritt auch die erste Kernholzbildung auf, indem beinahe alle Gefässe des inneren Theils und auch mehrere des peripheren sich durch ein hellgelbes, stark lichtbrechendes Gummi verschliessen; die Vorgänge bei diesen Bildungen liessen sich sehr leicht verfolgen, und stimmen meine Beobachtungen mit denjenigen von *Will* (99, pag. 19, 27, 91 etc.) völlig überein; Thyllen wurden niemals beobachtet. In der Rinde, die von einer ganz schmalen Korkzone umgeben ist, lassen sich leicht eine ebenfalls schmale primäre Rinde und eine breitere, von Markstrahlen durchzogene secundäre Rinde unterscheiden. In der primären Rinde finden sich als mechanische Elemente Bastzellen einzeln oder zu anastomosierenden Gruppen vereinigt, oft «federnde Verbände» (*Tschirch* 88 I, pag. 9) bildend; die secundäre Rinde be-

steht hauptsächlich aus Phloëmparenchym mit grobgetüpfelten Wänden; abwechselnd mit diesem, in radialen Reihen auftretenden Parenchym finden sich Nester aus mechanischen Elementen, Bastzellen und Sclereïden zu Gruppen vereinigt, die sich sehr leicht von dem übrigen Gewebe loslösen; in diesem jugendlichen Zustande sind die Wände dieser mechanischen Zellen noch nicht stark verdickt.

Den eben beschriebenen Bau behält jetzt der Stamm bei. Ein Zweigstück von etwa 6 cm. Dicke hatte eine Rinde von 1.5—2 mm. Durchmesser; die mechanischen Elemente der secundären Rinde waren sehr stark verdickt, die Sclereïden z. T. mit einem braunrothen Inhalt versehen, der sich mit KOH blutroth, mit $Fe_2Cl_6$ grünschwarz färbte; die Wände waren nur sehr spärlich getüpfelt; bei der Behandlung mit Kalilauge trat eine sehr deutliche, dichte Schichtung hervor; die Grösse der Sclereïden ist sehr verschieden, schwankt aber im Allgemeinen zwischen 50 und 70 $\mu$; in der nächsten Umgebung dieser Nester kamen auch sehr hübsch entwickelte Krystallkammerfasern vor.

Der Holzkörper bestand hauptsächlich aus Libriformgewebe, dessen Wände nicht besonders stark verdickt waren und linksschiefe Tüpfel führten; in diesem lagen die Gefässe, die sehr zahlreich waren und oft zu Gruppen vereinigt auftraten; die Tüpfel waren behöft und die Querwände nicht überall durchbrochen, so dass man sie als Uebergangsformen vielleicht besser gefässartige Tracheïden nennen kann; die Markstrahlen waren ein- oder mehrreihig, das Holzparenchym wenig entwickelt, stark getüpfelt, und reichlich Stärke enthaltend. Weder in der Rinde noch in dem Holzkörper wurden Harzkanäle oder Behälter gefunden.

---

Zum Studium des Einflusses der Verwundungen standen mir dickere Aststücke von einem Durchmesser von 6—8 cm. und einer Länge von 12—15 cm. zu Verfügung. Die Gewinnung des Harzes geschieht auf Sumatra nach *Tschirch* (92, pag. 133) in der Weise, dass man in die Rinde Einschnitte von der Form ( ) macht; nach einiger Zeit sammelt sich an der tiefsten Stelle ein Tropfen Harzsaft an, der am Baum erhärtet; das

Material war durch Schnittwunden ähnlicher Art verwundet, theils waren aber auch grössere Wunden, auch Ringelungswunden angebracht; die letztgenannten Verletzungen hatten selbstverständlich den grössten Einfluss auf den Baum ausgeübt, und kommen deshalb hier zuerst zur Behandlung.

Von einem Zweige mit einem Durchmesser von etwa 7 cm. war ein 2.5 cm. breiter Rindenstreifen entfernt worden, so dass der Holzkörper in der ganzen Ausdehnung der Wunde blossgelegt worden war. An der Oberseite hatte sich ein kräftiger Ueberwallungswulst gebildet, der an der Stelle, wo das Wachsthum am lebhaftesten gewesen war, sogar den unteren Wundrande erreicht hatte; auch an der Unterseite der Wunde hatte eine ähnliche Bildung stattgefunden, aber, wie zu erwarten war, in viel beschränkterem Masse. Schon mit blossem Auge liess sich an dem oberen Ende des Objects, etwa 5 cm. vom Wundrand entfernt, eine scharfe Abgrenzung des nach der Verletzung gebildeten Neuholzes von dem alten, normalen Holz verfolgen. Mit der Lupe konnte man auch Harzkanäle, die eben in dieser Grenzzone lagen, deutlich sehen. Das Neuholz war an den Stellen, wo das Wachsthum des Ueberwallungswulstes am kräftigsten gewesen war, viel breiter als an der entgegengesetzten Seite, ebenso waren die Kanäle viel grösser und lagen dichter nebeneinander. An einzelnen Stellen des schwächeren Wachsthums waren die Kanäle noch in der Anlage begriffen, so dass bei der späteren microscopischen Untersuchung alle Stadien der Entwicklung sich mit aller erwünschten Deutlichkeit verfolgen liessen.

Am anderen Ende des Objects, etwa 2 cm. von der Wunde entfernt, fanden sich auch Kanäle, aber nur an den Stellen, wo das Wachstum sehr stark gewesen war. Auch nur an diesen Stellen liess sich mit der Lupe eine deutliche Abgrenzung des Neuholzes vom Altholz verfolgen; auch hier waren die Kanäle weiter entwickelt und lagen dort dichter nebeneinander, wo sie in der Lage mit dem über die Wunde greifenden Theil des Ueberwallungswulstes correspondierten.

Die microscopische Untersuchung ergab, dass das Neuholz, wie nach den Beobachtungen vieler Forscher an Nadel- und Laubhölzern (*Frank, Moeller, Nottberg, Faber*) zu erwarten war, aus einem parenchymatischen Gewebe bestand, das nach aussen in ein normales Holz überging. Ein scharf ausgeprägtes Trache-

idalparenchym, wie es *Nottberg* (97, p. 9) definiert hat, bildete einen scharfen Contrast gegen das alte Holz mit den ziemlich stark verdickten Libriformfasern, den grossen Gefässen und den reichlichen, durch das Abrunden der Zellen zustandegekommenen Intercellularen. Die Zellen waren nur wenig verdickt und lagen beinahe lückenlos aneinander, die Markstrahlen waren nur schwach ausgeprägt, und die leitenden Elemente waren nur wenig grösser als die anderen Zellen. Alle Uebergänge zwischen Parenchym mit wenig deutlichen Hoftüpfeln und sehr kurzen Tracheïden mit kaum schräg gestellten Querwänden liessen sich beobachten. Alle Elemente mit Ausnahme derjenigen die sich als leitende Zellzüge kenntlich machten, waren reichlich mit Inhalt, besonders Stärke, versehen.

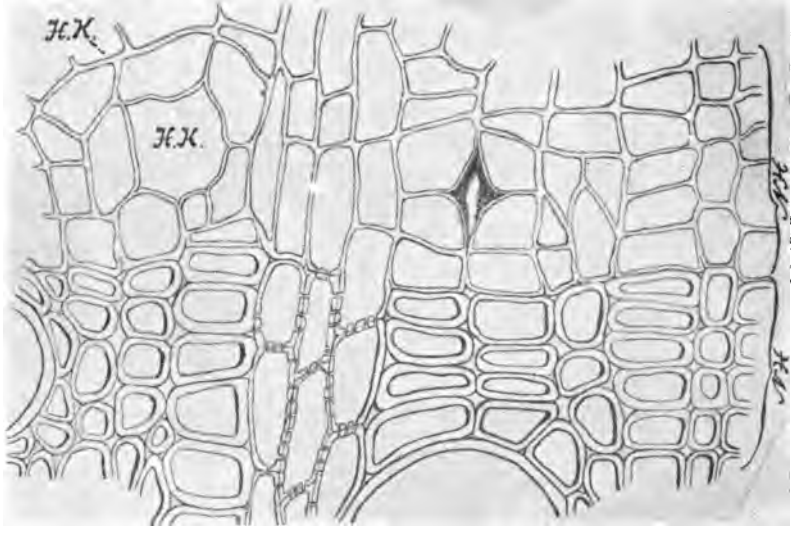


*Fig. 1.*

*Fig. 1.* Styrax Benzoïn. Fensterwunde, etwa 5 cm. oberhalb der Wunde. In der Mitte und links Harzkanäle (H. K.), der eine noch mit der resinogenen Schicht. Querschnitt.

In diesem Gewebe hatten sich die Harzkanäle gebildet. 2—3 Zellreihen ausserhalb des Altholzes, und zwischen den Markstrahlen traten zwischen 4 (oder selten 5) benachbarten Zellen kleine Intercellularräume auf, die in den Anfangsstadien der Kanalbildung nur die Form kleiner Spalten hatten. An den

Wänden liess sich nach vorsichtiger Behandlung mit Chloralhydratlösung (80 %) an vereinzelten Stellen eine schaumig-vacuolige Masse beobachten. Nach den Reactionen muss sie als die «resinogene Schicht» aufgefasst werden (*Bécheraz* 93, *Tschirch* 93, pag. 375; 94, pag. 3; *Sieck* 95, pag. 37). Der Wandbeleg quoll mit Kalilauge und Chloral, contrahierte sich wieder durch Behandlung mit Alkohol und wurde durch Jodreagentien nur schwach gelb gefärbt.

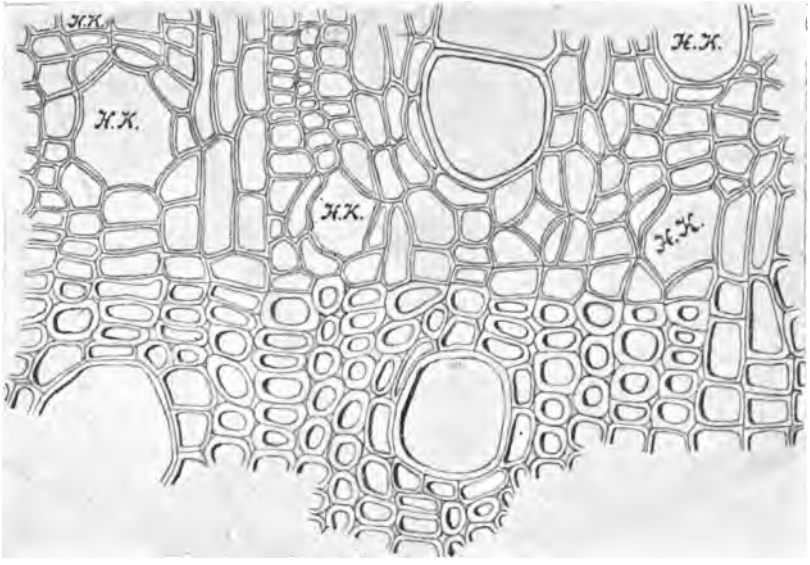


*Fig. 2.*

*Fig. 2.* Styrax Benzoïn. Weitere Entwicklung der Harzkanäle. Querschnitt etwa 5 cm. oberhalb der Wunde.

Je nachdem sich die Harzmenge in dem Intercellularraum durch die Thätigkeit der resinogenen Schicht vergrössert, weichen die Zellen des secernierenden Epithels immer mehr aus einander, und es bildet sich ein von 5—8 Zellen umgebener Kanal. In diesem Stadium liess sich an meinem Alkoholmaterial keine resinogene Schicht mehr nachweisen. Die secernierenden Zellen ragten nur wenig in das Lumen des Kanals hinein; ihre Wände waren ziemlich prall, beinahe gleichmässig dick und zeigten kaum Spuren einer Auflösung.

Sehr bald beginnen aber jetzt die Wände der secernierenden Zellen sich zu lösen. Nach den später zu behandelnden Reactionen der Zellwände werden die incrustierenden Substanzen, die die Phloroglucin-Salzsäure-Reaction bedingen, ausgelaugt. Der Inhalt der Zellen wird nicht durch Diosmose durch die Wand in den Kanal entleert, sondern die Wand platzt. Der Vorgang liess sich nicht ganz genau verfolgen, da das Material in Alkohol aufgehoben war, und dadurch die Kanäle zum grössten

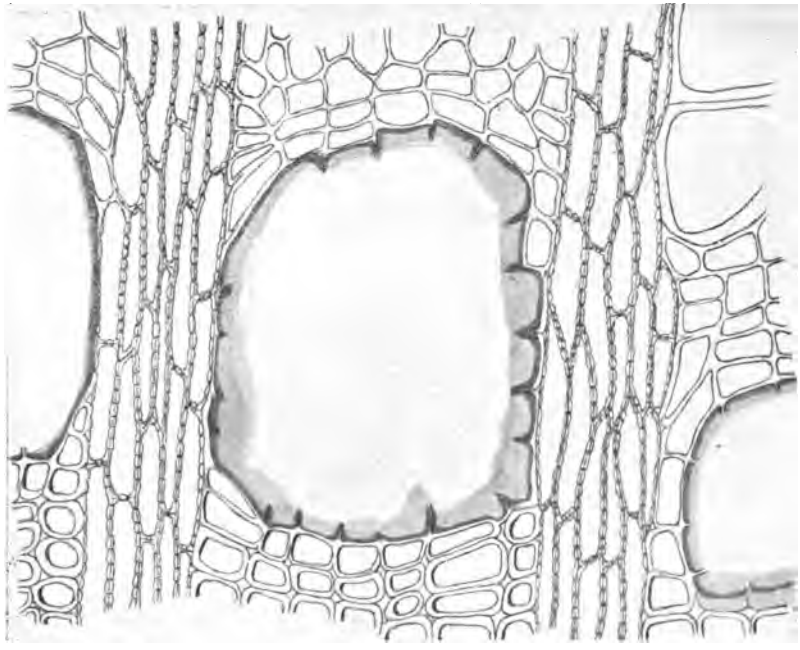

*Fig. 3.*

*Fig. 3.* Styrax Benzoïn. Lysigene Erweiterung der Harzkanäle. Querschnitt etwa 5 cm. oberhalb der Wunde.

Theil ihren Inhalt verloren hatten. Durch ein so gewaltsames Herauslösen des Harzes gehen beinahe immer auch die resinogene Schicht oder ihre Reste verloren. An besonders günstigen Stellen liess sich mit genügender Deutlichkeit feststellen, dass die Lösung der Wände nach dem von *Sieck* (95, p. 42) bei den Oelbehältern der Rutaceen beobachteten Typus vor sich geht. «Die Weiterentwicklung schreitet bei den Oelbehältern, welche

der Rutaceengruppe angehören, in der Weise weiter fort, dass sich das Oel in der Membrankappe immer mehr ansammelt, während die äussere Schicht der Zellmembran dem Drucke, welchen das Secret ausübt, nicht Widerstand zu leisten vermag. Sie platzt, das Oel tritt in den Kanal; nun vermag auch die übriggebliebene innere Wand dem Druck des Zellinhaltes nicht mehr zu widerstehen, sie zerreisst auch.»

Ein ähnlicher Process scheint sich bei den Kanälen des Benzoëbaumes abzuspielen: an geeigneten Stellen sieht man, wie die Wandreste, die in den Kanal hineinragen, an ihrer Spitze dünner sind als an den Befestigungsstellen, wo sie noch mit dem übrigen Gewebe in Zusammenhang stehen. Dass die gegen die secernierende Zelle zugekehrte Partie der Wand erhalten ist, lässt sich leicht konstatieren; sie hat denselben deutlich gelben Farbenton und dasselbe Lichtbrechungsvermögen als die innere Zone der anderen Theile der Wand, während an der Basis der Fetzen die äussere Partie der Zellwandreste einen mehr grauen Farbenton und ein schwächeres Brechungsvermögen hat. Eine scharfe Grenze zwischen einer äusseren und einer inneren Zone konnte ich nicht feststellen, auch nicht mit Reagentien. Der einzige Unterschied war, dass die innere Hälfte der Wand sich mit Jodpräparaten ein wenig dunkler färbte als die äussere; der Uebergang war aber zu allmählich um zwei bestimmte Schichten zu characterisieren, von denen die eine weiter in der Verschleimung fortgeschritten sein sollte, als die andere. Bilder, die auf eine andere Art der Auflösung der Zellwände deuten, habe ich nicht gesehen.

In dieser Weise schreitet die Auflösung des um die Kanäle liegenden Gewebes fort, und die Harzgänge selbst nehmen eine immer mehr unregelmässige Gestalt an. Zuletzt werden auch die Markstrahlen angegriffen. Die Auflösung dieser setzt an den keilförmigen Enden und an den Seiten an, und die Zellen werden in der Mitte des Kanals zuerst aufgelöst, so dass die Reste der Markstrahlzellen von den zwei entgegengesetzten Seiten des Kanals als Zapfen in diesen hineinragen. An tangentialen Längsschnitten, die diese kanalführende Zone getroffen haben, sieht man, wie die mittleren, breiteren Theile der Markstrahlen wie Brücken das alte und das neue Holz verbinden, während alles andere Gewebe aufgelöst ist, und die Markstrahlen selbst an den

Enden und an den Seiten von dem Verharzungsprocess angegriffen sind.

Je näher man der Wundstelle rückt, um so grösser werden die Kanäle und je weiter entwickelt; bei dem oberen Rande des Ueberwallungswulstes bilden sie einen ringsum geschlossenen Ring, der nur von den breiteren Stellen der Markstrahlen unterbrochen wird. Dort, wo der Ueberwallungswulst am kräftigsten entwickelt ist, hat sich eine doppelte Reihe von Harzkanälen gebildet, die äussere etwa 0.3 mm. von der inneren entfernt. Eine offene Communication zwischen den zwei Kanalsystemen war nicht zu beobachten.

Der Ueberwallungswulst liegt dem blossgelegten Altholz nicht an; an tangentialen und besonders an radialen Längsschnitten lässt sich leicht feststellen, dass ein 0.1—0.2 mm. breiter Hof sich zwischen dem Altholz und der Rinde des Wulstes befindet; in diesen münden die Harzkanäle aus, und von hier aus ergiessen sie ihren Inhalt über die Wundfläche. Das Gewebe des Wulstes selbst enthält keine Kanäle; es besteht aus denselben Elementen als das übrige Neuholz; durch die gewölbte Form sind allerlei Unregelmässigkeiten im Verlaufe der Gefässe und Markstrahlen verursacht und Maserbildungen treten reichlich auf.

In der Rinde liessen sich mit der Lupe kleine runde, nach innen zugespitzte Höhlungen beobachten. Wie die Holzkanäle waren auch diese Lücken leer. An den Stellen, wo der Harzfluss besonders reichlich gewesen war, konnte man auch einen engen Spalt sehen, der die holzständigen Kanäle mit diesen Lücken in der Rinde verband. Die Höhlungen lagen in der secundären Rinde, ziemlich weit nach aussen, im Allgemeinen in der äussersten Zone.

Am nächsten lag die Annahme, dass diese Bildungen dadurch zu Stande gekommen waren, dass das in den Kanälen gebildete Harz die Wände der Zellen des benachbarten Gewebes aus einander gesprengt hatte, um sich dort, wo der Widerstand am schwächsten war, abzulagern. Eine nähere Untersuchung lehrte aber, dass dies nicht der Fall sein konnte.

Zuerst mag hier der Umstand Erwähnung finden, dass es sich zeigte, dass die Mehrzahl der vom Altholz kommenden Markstrahlen sich in das Jungholz hinaus allmählich verjüngte, um in grösserer oder kleinerer Entfernung vom Cambium blind

zu endigen, während die im Jungholz angelegten, secundären Markstrahlen allmählich breiter wurden und beinahe die einzigen waren, die in die Rinde hinaus sich fortsetzten; eben in diesen traten die erwähnten Spalten auf. Sie gingen von den grössten, am weitesten entwickelten Kanälen aus, bei denen die Markstrahlen schon in hohem Grade in Mitleidenschaft gezogen waren.

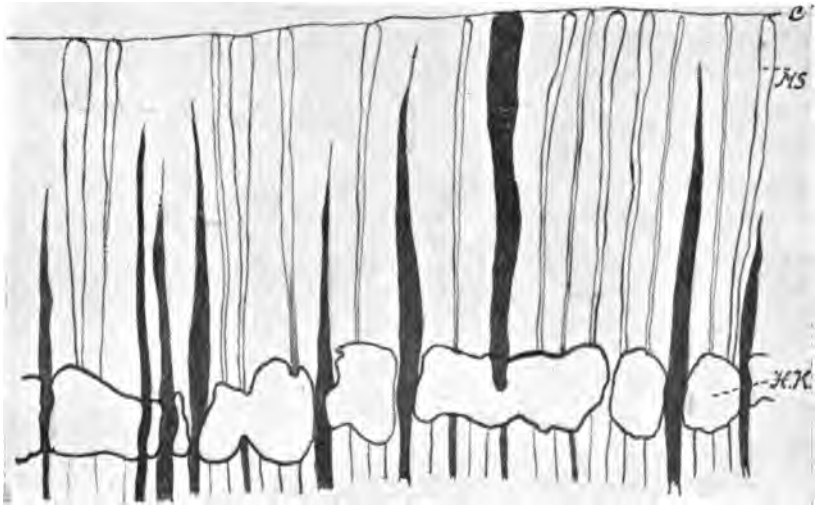


*Fig. 4.*

*Fig. 4.* Styrax Benzoïn. Querschnitt durch das Neuholz am oberen Rand des Ueberwallungswulstes; die schwarz gehaltenen Markstrahlen sind diejenigen des Altholzes.

Besonders an den Stellen, wo ein solcher neuangelegter Markstrahl von dem Verharzungsprocess angegriffen worden war, liessen sich die Auflösungsvorgänge im Markstrahl schön verfolgen. An mehreren Stellen in demselben Strahl und dann besonders in der Mitte traten kleine Intercellularräume auf, sie erweiterten sich durch Auseinanderweichen der Zellen um zu langen radialen Kanälen zu verschmelzen. In der Nähe des Altholzes waren diese in völlig entwickeltem Zustande verhältnissmässig eng, weiter nach aussen verbreiterten sie sich aber allmählich um zuletzt dort, wo die Elemente des Neuholzes wieder ziemlich stark verdickt und gestreckt waren, beinahe den ganzen Markstrahl zu umfassen. In der Nähe des Cambiums wurden die Kanäle wie-



Trykt 15. Marts 1905.

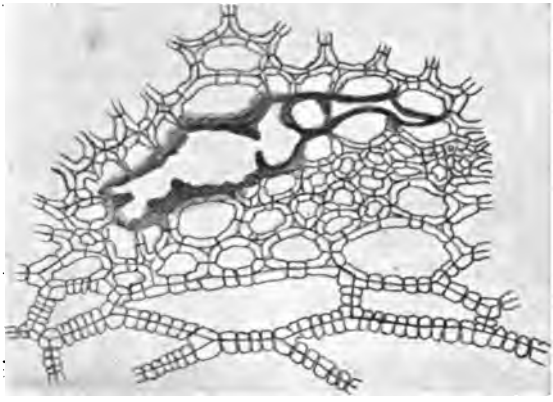

*Fig. 5.*

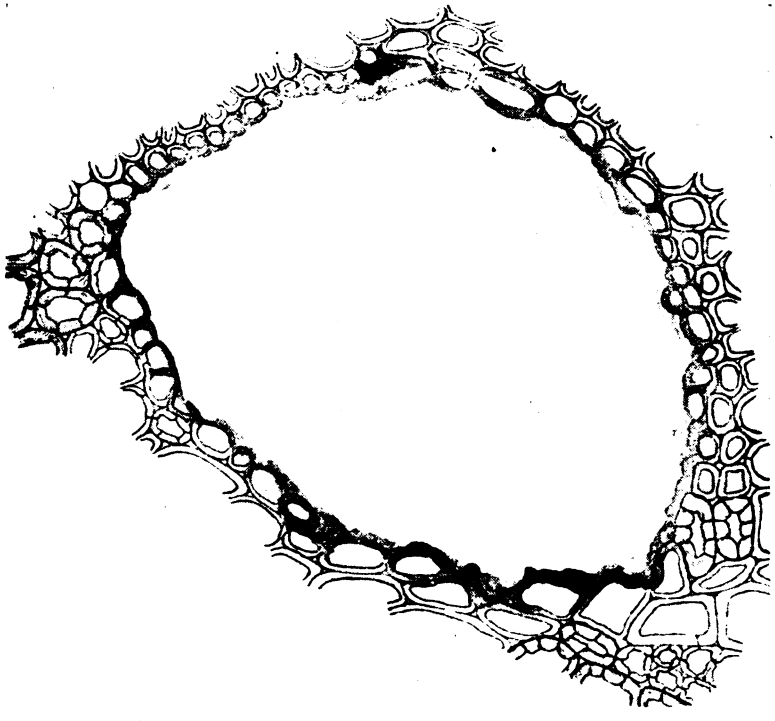

*Fig. 6.*

*Fig. 5 und 6.* **Entwicklungsstadien der horizontalen Harzkanäle in den Markstrahlen. Tangentiale Längsschnitte.**

der enger, setzten sich aber durch dieses fort und bildeten an der äusseren Grenze der secundären Rinde die oben erwähnten, sackförmigen Lücken. Diese waren im Allgemeinen mehr hoch als breit, vergrösserten sich auch anscheinend hauptsächlich in der Achsenrichtung des Stammes oder des Zweiges, so dass sie im fertigen Zustande etwa die Form eines Keils haben, der sich nach innen zu allmählig an allen 4 Seiten, besonders aber an der Ober- und Unterseite verschmälert.

Wie die anderen Kanäle erweitern auch diese sich lysigen, und man sieht an den Wänden des fertigen Kanals die braun verfärbten Reste der aufgelösten und in Auflösung begriffenen Zellen. An radialen Längsschnitten kann man an besonders günstigen Stellen beobachten, wie zwei übereinander laufende Kanäle durch senkrechte Lücken verbunden sind; diese haben einen unregelmässigen Umriss und sind von Gewebsresten umgeben. Bei der lysigenen Vergrösserung der Kanäle fällt das Markstrahlgewebe zuerst der Auflösung anheim; später ergreift der Process auch das andere Gewebe, indem die dünnwandigen Elemente zuerst verschwinden; am längsten widerstehen die Bastzellen und Sclereïden. An diesen letzteren liessen sich die von *Tschirch* (88 II, pag. 10 u. 11) beschriebenen und abgebildeten Auflösungsvorgänge genau beobachten. Die Auflösung schreitet von aussen nach innen fort, indem die Schichtung zuerst deutlicher wird; dann sondern sich die Schichten schalenartig un dan der dem Secretraum zugekehrten Seite werden sie von den lösenden Agentien angegriffen.

Beweise für meine Annahme, dass die Lücken in den Markstrahlen und in dem Rindengewebe selbständige Bildungen sind und nicht durch mechanisches Auseinanderreissen der Zellen gebildet worden sind, sehe ich in den folgenden Beobachtungen.

Die schizogenen Anfangsstadien der Kanäle treten in demselben Markstrahl zu gleicher Zeit an verschiedenen Stellen auf, und bilden anfangs keinen zusammenhängenden Spalt; einen solchen sieht man zuerst in einem ziemlich späten Stadium. Lücken treten auch in einer ziemlich grossen Entfernung von der Kanalreihe ebenso frühzeitig auf, als in deren nächsten Nähe; einen directen Zusammenhang dieser kleinen Lücken mit den Holzkanälen habe ich auch nicht finden können.

Eine Eigenthümlichkeit des Wundgewebes des Benzoëbaumes, die ich bei den anderen untersuchten Pflanzen nicht beobachtet habe, ist das Auftreten von typisch entwickelten Sclereïden in dem Holzkörper. Besonders reichlich traten sie dort auf, wo der Ueberwallungswulst am kräftigsten entwickelt war; das Gewebe bestand an einzelnen Stellen ausser aus kurzen, spärlich vorkommenden Tracheïden und aus Markstrahlen ausschliesslich aus Sclerenchym. Die Zellen hatte die Grösse der Tracheïdalparenchymzellen, die Wände waren verholzt, in vielen Fällen

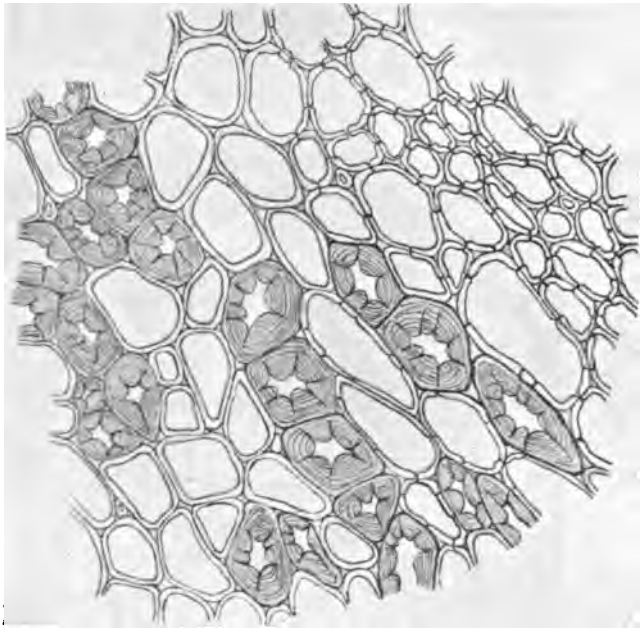

*Fig. 7.*

*Fig. 7.* Styrax Benzoïn. Sclereïden aus dem pathologischen Neuholz.

beinahe bis zum Verschwinden des Lumens verdickt; die Verdickungsschichten traten sehr deutlich hervor und waren reichlich von Tüpfelkanälen durchsetzt. An anderen Stellen traten die Sclereïden mit Tracheïdalparenchym gemischt auf, wobei bald jene, bald dieses in überwiegender Menge sich vorfand. Die Ecken der Sclereïden waren abgerundet, die Zellen isodia-

metrisch; einen deutlichen Uebergang zu Libriformfasern mit mehr oder weniger zugespitzten Enden und linksschiefen Tüpfeln konnte ich nicht mit Sicherheit nachweisen.

Unterhalb der Wundstelle, in einer Entfernung von etwa 5 cm. von dem Wundrande, traten auch Kanäle auf; auch hier liess sich leicht eine von dem Wachsthum bevorzugte Seite unterscheiden, dieselbe nämlich, wo oberhalb der Wunde der Ueberwallungswulst über diese gewachsen war. Nur hier waren grosse, weit entwickelte Kanäle zu finden; nach beiden Seiten wurden sie immer kleiner, und das weniger stark entwickelte, abgekehrte Drittel des Stammumkreises enthielt nur vereinzelte Kanäle, die zum Theil noch in den ersten Stadien der Entwicklung waren. Hier waren auch keine radial streichenden Harzgänge gebildet, die Rinde war ganz intact, und auch die Elemente des Neuholzes hatten einen weniger pathologischen Character. Die Zellen waren zwar ziemlich dünnwandig, ihre Wände reichlicher getüpfelt wie sonst, die Tüpfel waren aber unbehöft, das Gewebe hatte einen weniger ausgeprägt parenchymatischen Character, und die leitenden Elemente hatten beinahe die Form normaler Gefässe. Je näher an die Wunde selbst man kam, um so mehr nahm aber das Jungholz die oben erwähnten, parenchymatischen Formen an, die Kanäle traten reichlicher und in besserer Entwicklung auf, die Zellen zeigten alle Uebergänge zwischen einfach getüpfeltem, Netzleisten- und Tracheïdalparenchym; etwa 1.5—2 cm. von der Wunde entfernt — verschieden an den zwei Seiten des Objects — sah das Gewebe genau so aus, als oberhalb der Wunde. Die Harzkanäle waren ebenso zahlreich, ebenso weit entwickelt, und auch die radialen Markstrahlkanäle und die Harzlücken in der Rinde hatten sich gebildet.

Die anderen untersuchten Objecte gaben genau übereinstimmende Resultate; nur waren je nach der Grösse der angebrachten Verletzungen einige Modificationen in der Grösse des Ueberwallungswulstes und der Menge und Anordnung der Kanäle zu unterscheiden; bei allen hatte aber ein Harzfluss stattgefunden.

Bei einer «Fensterwunde» (*Nottberg* 97, pag. 8) war ein Rindenstück, etwa 3 cm. breit und ein Drittel des Stammumkreises umfassend, entfernt worden. An den Seiten und am oberen Rand der Wunde hatten sich kräftige Ueberwallungswülste, an dem unteren Rande ein sehr schwacher gebildet. Das Jungholz war,

wie im vorigen Fall, von einer nur lose zusammenhängenden Rinde bedeckt.

Beim Durchsägen des etwa 12 cm. langen Stückes in der Mitte der Wunde zeigte sich an der Schnittfläche, dass das Neuholz zwei Keile bildete, die sich vom Wundrande aus gegen die abgekehrte Seite zu allmählich verschmälerten. Direct bei der Wunde war das Gewebe gelbbraun verfärbt, liess sich schon dadurch sehr leicht vom Altholz unterscheiden und führte reichlich grosse, dicht nebeneinander liegende Harzkanäle. Weiter nach der abgekehrten Seite zu trat der Unterschied in der Farbe zwischen Altholz und Jungholz allmählich weniger deutlich hervor um zuletzt zu verschwinden. Hand in Hand mit der Verschmälerung des Neuholzkeiles und dem Verwischen der Unterschiede zwischen Jung- und Altholz ging eine Verringerung der Zahl der Harzbehälter, und diese waren zu gleicher Zeit immer weniger weit entwickelt. An der von der Wunde abgekehrten Seite waren keine mehr vorhanden.

Je weiter nach oben oder nach unten man sich von dieser eigentlichen Wundstelle entfernte, um so weniger deutlich wurde der Unterschied zwischen Alt- und Jungholz, um so spärlicher traten die Kanäle auf, und um so kleiner wurden sie. Sehr auffallend war in dieser Beziehung das Verhalten der Gewebe oberhalb und unterhalb der Wunde, indem das Verschwinden der pathologischen Eigenschaften des Neuholzes viel schneller in der unteren Hälfte des Objects stattfand als in der oberen. Etwa 5 cm. unterhalb der Mitte der Wunde waren schon keine Kanäle mehr zu finden, und das Jungholz hatte einen beinahe normalen Bau. Oberhalb der Wunde dagegen waren Kanäle in derselben Entfernung noch in ziemlich reichlicher Zahl und verhältnissmässig weit fortgeschrittener Entwicklung vorhanden, doch nur an derselben Seite, wo die Wunde lag; an der abgekehrten Seite liess sich kaum mehr ein Unterschied bemerken zwischen Normalholz und neugebildetem Wundholz. Ueberall kam nur eine Kanalreihe vor, und weder in den Markstrahlen noch in der Rinde traten Harzkanäle oder Lücken auf.

Ziemlich genau dasselbe Bild bot ein drittes Zweigstück dar, an dem ein etwa 3 cm.$^2$ grosses Dreieck aus der Rinde entfernt worden war. Das keilförmig nach hinten zu sich verschmälernde Neuholz hatte keine so grosse Ausdehnung. Etwa die Hälfte

des Stammumkreises war in der Höhe der Wunde ganz normal entwickelt ohne Tracheïdalparenchym und ohne Harzkanäle. Ebenzo war das Vorkommen von Kanälen sowohl oberhalb als unterhalb der Wunde ein viel beschränkteres; schon 3 cm. unterhalb der Wunde waren keine mehr zu sehen und ca. 6 cm. oberhalb derselben kamen nur gerade über der Mitte der Wunde einige wenige, in den ersten Stadien der lysigenen Erweiterung begriffene Harzkanäle vor. Auch hier waren die Markstrahlen und die Rinde intact.

Schwelwunden, durch Anbrennen mit einer Flamme ausgeführt, wie man sie bei der Harzgewinnung oft verwendet, waren leider nicht gemacht worden.

Die obenerwähnten Kanäle, die direct über der Wunde lagen, standen alle in offener Communication mit der Wundfläche. Wie bei der Besprechung der Ringelungswunde schon angegeben, lag der Ueberwallungswulst niemals dem blossgelegten Holz direct an, sondern liess einen ganz engen Raum übrig, in den die Kanäle des Jungholzes ausmündeten. Die Betheiligung der seitlich von der Wundstelle angelegten Kanäle an dem Harzfluss lässt sich durch die überall reichlich auftretenden tangentialen Anastomosen zwischen ihnen und den mit der Wundfläche in Verbindung stehenden ungezwungen erklären. Solche Anastomosen traten nämlich bei allen Objecten auf, wenn die Kanäle in einem einigermassen weit fortgeschrittenen Stadium der lysigenen Erweiterung sich befanden, und waren, wie schon oben berührt, durch Auflösen des in der kanalbildenden Zone zwischen den Markstrahlen angelegten Tracheïdalparenchyms und der peripheren Theile der Markstrahlen zustandegekommen. An tangentialen Längsschnitten, die diese Zone getroffen hatten, bildeten die Harzkanäle ein regelmässiges Netzwerk, dessen Maschen von den Markstrahlen ausgefüllt wurden. Nur bei dem zuerst erwähnten Object, wo die grosse Ringelungswunde angebracht worden war, standen alle Kanäle direct mit der Wundfläche in offener Verbindung.

Bei seinen Untersuchungen über die Bildung des Copaivabalsams hat *Tschirch* (88 I, pag. 130, 88 II, pag. 7) die Beobachtung gemacht, dass wahrscheinlich zuerst die sogenannten Lignin-substanzen in Harz verwandelt werden, indem das Gewebe, das direct an die Kanäle stösst, entweder keine oder eine nur sehr

schwache Reaction mit Phloroglucin und Salzsäure giebt. Die Annahme, dass diese incrustierenden Substanzen zuerst sozusagen ausgelaugt werden, scheint um so mehr berechtigt, als sie, soviel wir jetzt wissen, der aromatischen Reihe angehörig sind und somit eine nähere Verwandtschaft zu den Harzkörpern haben, als z. B. die Cellulose. Zu damit übereinstimmenden Resultaten bin ich bei Styrax Benzoïn gekommen. Zuerst wurden die Schnitte mit Alcohol gut ausgewaschen, um eventuel noch vorhandenes Vanillin, das in der Sumatrabenzoë nach *Lüdy* (93 I, pag. 56) vorkommt, zu entfernen; bei dem Behandeln mit Phloroglucin und Salzsäure ergab sich dann, dass alle Zellen, die den Kanal direct umgeben und auch noch die erste — manchmal sogar auch die zweite — sich anschliessende Zellschicht ihre gelbliche Farbe behielten und sich dadurch sehr scharf von den roththingierten, nicht angegriffenen Theilen des Alt- und Neuholzes abhoben. Der Uebergang zwischen den von dem Reagens nicht angegriffenen und den gefärbten Zellwänden war nur an den Berührungstellen ein wenig undeutlich und verschwommen. Mit Jod—Jodkali färbten sich die Wände gelb; nach Zufliessenlassen von concentrierter Schwefelsäure wurde die Färbung nicht geändert. Mit Chlorzinkjod nahmen die Wände der den Kanal auskleidenden Zellen wie diejenigen der normalen Elemente des Holzes eine gelbe Farbe an; die in den Harzgang hineinragenden, mehr oder weniger structurlosen Reste der aufgelösten Membranen dagegen gaben eine viel dunklere, schmutzigbraune Farbenreaction, die oft einen Stich ins Violette hatte. Mit einprocentiger Osmiumsäurelösung wurden alle Theile, die deutlich als Zellwände zu erkennen waren, nicht geändert, während die oben erwähnten Reste sich schmutzig grün-grünschwarz verfärbten. Mit Kalilauge nahmen diese wie auch die Wände der den Kanal auskleidenden Zellen einen röthlich-braunen Farbenton an.

Ganz ähnliche Reactionen gaben die Wände der Zellen, die die oben erwähnten Lücken in den Markstrahlen begrenzten, und die in Auflösung begriffenen Membranen der Sclereïden der Rinde. Bei den Lücken in den Rindenstrahlen traten besonders deutlich die Reactionen mit Osmiumsäurelösung und Kalilauge ein, und die Färbung mit Kalilauge leistete mir vorzügliche Dienste bei dem Aufsuchen der Anfangsstadien dieser Bildungen.

Dass die Wände dieser Zellen ganz andere Reactionen geben

als diejenigen der umliegenden, ist nur ein Beweis mehr dafür, dass diese Lücken nicht durch ein mechanisches Auseinandersprengen der Zellen zustandegekommen sind, sondern als durch den Wundreiz hervorgerufene, selbständige Harzkanalbildungen aufgefasst werden müssen. Diese Annahme gewinnt an Wahrscheinlichkeit dadurch, dass *Russow* (83, pag. 271) für sehr viele Bäume Protoplasmaverbindungen zwischen den Markstrahlzellen nachgewiesen hat; eine Fortpflanzung eines Reizes in radialer Richtung durch die Markstrahlen ist somit eine Möglichkeit, die nicht absolut in Abrede gestellt werden kann und um so mehr berechtigt erscheint, wenn man bedenkt, wie die Markstrahlen im Dienste einer lebhaften Verbindung zwischen den centralen und peripheren Theilen des Pflanzenkörpers stehen.

Fassen wir die oben mitgetheilten Resultate meiner Untersuchungen kurz zusammen, so gelangen wir zu folgender Vorstellung über die Entstehung der Benzoë:

Das Harz ist ein pathologisches Prodnct, das nur in Folge von Verletzungen gebildet wird; nach einer grösseren, bis an das Cambium gehenden Verwundung des Stammes oder der Zweige von Styrax Benzoïn wird in der Umgebung der Wunde von dem noch lebenden Cambium ein Gewebe angelegt, das sich durch seinen tracheïdalparenchymatischen Character auszeichnet. In diesem Gewebe werden schizogene Kanäle angelegt, die sich lysigen erweitern und zuletzt den ganzen inneren Theil des nach der Verwundung gebildeten Neuholzes als ein zusammenhängendes Netzwerk durchsetzen. Je nach der Grösse der Wunde erstreckt sich dieses pathologische Gewebe über eine grössere oder kleinere Fläche des betreffenden Organs. Erst bei sehr stark auftretendem Harzfluss bilden sich in den Markstrahlen des Holzes kleine schizogene Secretbehälter, die zu radialen Kanälen zusammenschmelzen, sich durch das Cambium fortsetzen und in der äusseren Zone der secundären Rinde schizo-lysigene Harzlücken bilden.

Diese Resultate weichen von denjenigen der Beobachter, die sich früher mit der Entstehung der Benzoë beschäftigt haben, bedeutend ab. In den älteren pharmacognostischen Lehrbüchern finden sich über dieses Thema nur sehr spärliche Angaben, die sich alle an die Mittheilungen *Dryanders* und *Crawfords* anleh-

nen, so z. B. bei *Guibourt* (24, pag. 298), *Martius* (32, pag. 351), *Geiger* (39, pag. 705), *Wiggers* (40, pag. 139), *Döbereiner* (42, pag. 609). Der letztgenannte Verfasser theilt mit, dass das Harz nach Verwundungen der Bäume aus der Rinde als ein Balsam austritt, der bald an der Luft erhärtet; dieselben Angaben kehren bei den späteren Pharmacognosten immer wieder, z. B. bei *Pereira* (48, pag. 329), *Guibourt* (49, pag. 550) und *von Ettingshausen* (62, pag. 163).

Eine vollständigere Mittheilung bringt *Berg* (63, p. 573) nach *Marsdens* History of Sumatra. Von dem sechsten Jahre an werden auf dieser Insel die Benzoëbäume regelmässig verwundet und der aus der Rinde austretende Balsam nach dem Trocknen an der Luft gesammelt. Das Harz ist in den ersten Jahren weis, wird aber mit dem zunehmenden Alter des Baumes immer dunkler und etwa im zwanzigsten Jahre wird dieser gefällt. Diese Angaben findet man in den Lehrbüchern von *Flückiger* (57, p. 61), *Henkel* (67, p. 465), *Berg* (79, p. 563), *Flückiger* und *Hanbury* (74, p. 361, 363), *Guibourt* (76, p. 603), *Berg* (79, p. 579), *Wigand* (79, p. 330).

Inzwischen hatte *Wiesner* (72, p. 87—93) die Frage über die Entstehung der Benzoë einer microscopischen und chemischen Untersuchung unterworfen; als Material dienten ihm ältere und jüngere Ast- und Stammstücke von in Singapore cultivierten Bäumen und Harzklumpen. In seiner Arbeit sucht er die folgenden zwei Fragen zu beantworten: 1. Wie und wo entsteht das Benzoëharz und aus welchen in den Zellen enthaltenen Körpern? 2. Stammt alle Benzoë von einer und derselben Styrax-Art ab? Nach einer Beschreibung des Materials, das sich als von Styrax Benzoïn herrührend leicht identificieren liess, in welcher er hervorhebt, dass alle Theile geruchlos sind und weder Zimmtsäure noch Benzaldehyd enthalten, geht er zur Besprechung des harzführenden Materials sowie auch der an den Rinden- und Holzstücken (Splint) hafteten Harzmassen, die theils in natürlichen, theils in Schnittwunden lagen über. Er fasst seine Resultate folgendermassen zusammen (pag. 90—93).

In der Aussenrinde werden hauptsächlich die Farbstoffe gebildet; die Mittelrinde scheint die Entstehungsstätte der Zimmtsäure und auch vielleicht des grössten Theiles der harzigen Bestandtheile der Benzoë zu sein. In dem Holzkörper verharzen

die parenchymatischen Elemente, vorzugsweise das Markstrahlengewebe; dieses zeigt eine starke Neigung zur Verharzung, besonders an den angeschnittenen Stellen. Wo im Holzkörper die Verharzung stärker um sich greift, sind ganze Strecken der parenchymatischen Antheile desorganisiert. Aus diesen Geweben scheint der grösste Theil der Grundsubstanz, und zwar durch chemische Metamorphose der Zellwand, aber auch der Inhaltskörper (Stärke) gebildet zu werden.

*Tschirch* unterwarf (88 I, 88 II) das Benzoëharz und seine Entstehung einer erneuten Untersuchung; als Material benutzte er aus der Droge (Siambenzoë) ausgelesene Holz- und Rindenstücke. Auch nach seinen Beobachtungen entstehen die Harzlücken ursprünglich in den Markstrahlen der Rinde und zwar in folgender Weise (88 II pag. 10—11):

«Die Markstrahlen sind ein- oder mehrreihig. In ihnen nimmt die Harzbildung ihren Anfang. Verfolgt man dieselbe nämlich entwicklungsgeschichtlich, d. h. untersucht man zunächst jugendliche Rindenstücke, so sieht man, wie in den Markstrahlen zunächst im Inhalt der Zellen ein bräunlicher Körper auftritt, und erst dann die Zellmembranen der Verharzung anheimfallen. — — — In einigen Fällen sah ich auch die Verharzung von dem Phloëmparenchym ausgehen. — — — Wenn in der Rinde die Verharzung stark ist, wird auch der Holzkörper in Mitleidenschaft gezogen. Die Verharzung beginnt auch hier in den Markstrahlenzellen. Auch hier tritt ein bräunlicher (?) Körper im Inhalte auf, dann verharzen die Membranen und ist erst der lysigene Kanal gebildet, so fallen der Verharzung auch die umgebenden Elemente, Gefässe, Libriform und Holzparenchym anheim.»

*Wiesner* hat mit sicher bestimmten Material, von Styrax Benzoïn herrührend, gearbeitet. Damals war aber noch nicht die Vermuthung ausgesprochen worden, dass wir es in der Benzoë mit einem pathologischen Product zu thun haben; das geschah zum ersten Mal in einer brieflichen Mittheilung *Tschirchs* an *Flückiger* (*Flückiger* 91, pag. 120, Fussnote) und es lag *Wiesner* um so näher die Rinde für den Herd der Harzbildung anzunehmen, als er in seiner eben citierten Arbeit nachgewiesen hatte, dass Styrax Benzoïn normal keine Harzbehälter im Holzkörper hat. Wahrscheinlich hat er auch nur mit Material gearbeitet, das sich

schon in weit fortgeschrittenen Stadien der Verharzung befand, und es ist dadurch leicht zu erklären, dass er die Harzlücken in der Rinde für das primäre, die holzständigen Secretbehälter dagegen für das secundäre gehalten hat.

*Tschirch* hat mit Drogenmaterial aus der Siambenzoë gearbeitet. Bei dem grossen Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung des zimmtsäureführenden Sumatra- und Singaporeharzes und der benzoësäureführenden Siambezoë liess sich vermuthen, dass die zwei Sorten in verschiedener Weise entstehen, um so mehr, als die noch schwebende Frage nach der Identität der Lieferanten der zwei Harze vorläufig in bejahender Weise, z. B. von *Wiesner* (72 pag. 93) beantwortet worden ist.

Um zu entscheiden, ob wirklich der Siambenzoë eine andere Entstehung zukommt, habe ich die Untersuchungen *Tschirchs* wiederholt. Als Material dienten mir Harzklumpen mit anhängenden Geweberesten, Rinden- und Holzstücke mit grösseren oder kleineren Harzeinschlüssen und endlich möglichst intacte und harzfreie Holz- und Rindensplitter, alles aus der Droge ausgelesen.

Von 12 grösseren, beiderseits mit Geweberesten bedeckten Harzstücken waren 7 beiderseits mit Rinde, zwei an beiden Seiten mit Holz und drei einerseits mit Rinde, an der anderen Seite mit Holz bedeckt. Von 27 nur einseitig mit Geweberesten bekleideten Harzstücken waren 19 mit Rinde und 8 mit Holz bedeckt. In allen Fällen liess sich feststellen, dass das Harz in den Geweben gebildet war, zwischen deren Resten es sich in der Droge vorfand. Die an das Harz stossenden Zellen zeigten alle die oben beschriebenen Auflösungserscheinungen und gaben die characteristischen Reactionen.

Die weniger Harz enthaltenden Rindenstücke wurden in Glycerin und Wasser aufgeweicht; an Längs- und Querschnitten liess sich mit Leichtigkeit feststellen, dass das Harz durch Auflösen des Gewebes, dessen Platz es einnahm, gebildet worden war. Die verschiedenen Stadien dieses Auflösungsprocesses konnte ich an diesen Präparaten nicht verfolgen, indem die Schnitte wegen der grossen Menge Sclereïden und Bastfasern schlecht ausfielen; das Harz wurde deshalb mit Alkohol, z. Th. auch mit Æther vorsichtig entfernt. Um die Objecte besser schneidbar zu machen erwies sich nach vielen vergeblichen Versuchen mit Paraffin-Einbettung etc. eine Imbibition der vom Harz befreiten Stücke

mit Glycerin und Wasser unter Zuhilfenahme der Wasserstrahlpumpe als die am meisten zweckmässige Methode. Selbst sehr grosse Schnitte liessen sich dünn und gleichmässig herstellen, ohne dass ein Zerreisen des um die Kanäle liegenden Gewebes zu beobachten war.

Der Bau der Rinde entsprach vollständig der von *Tschirch* (88, I und II) gegebenen Beschreibung, und die von ihm beobachteten Lücken waren sehr deutlich zu erkennen. Die Markstrahlen sind auch nach meinen Beobachtungen der Herd der Harzbildung; an tangentialen und radialen Längsschnitten lies es sich leicht feststellen, dass die Zellen der Rindenstrahlen z. Th. mit einem braunen Inhalt versehen waren, der der Membran dicht anlag und sich oft in das Lumen der Zellen hervorwölbte; es sah oft aus, als hätte man eine resinogene Schicht vor sich. Einige Reactionen ergaben aber, dass man mit Gerbstoffen oder Phlobaphenen zu thun hatte, indem die Inhaltskörpei sich mit Eisenchlorid und mit Osmiumsäurelösung schwarzgrün-schwarz färbten. Mit Kalilauge erfolgte keine eigentliche Quellung, ein beträchtlicher Theil der Substanz ging aber unter Braunfärbung der Flüssigkeit in Lösung. Zwischen den Zellen lagen ziemlich grosse Intercellularräume, und im Allgemeinen hatte in Zellen, die nicht ganz voll waren, der Inhaltskörper sich an diejenigen Partien der Zellwand angeschmiegt, wo diese an einen Intercellularraum stiess.

Die erste Anlage der Harzkanäle- oder Lücken ist auch hier zweiffellos eine schizogene; an Längs- und Querschnitten liess sich mit Leichtigkeit eine Vergrösserung der Intercellularen verfolgen unter gleichzeitigem Zusammendrücken der umliegenden Zellen; diese verloren auch ihren Inhalt — oder er ging in eine alkohollösliche Form über (?). Die Zellwände wurden, wo sie an den Kanal stiessen, immer dünner und nahmen eine dunklere, braune Färbung an. Wenn der Intercellularraum von 6—8 Zellen — auf dem Längsschnitte gesehen — umgeben war, setzte die lysigene Erweiterung ein. Welche Theile der Membran zuerst der Auflösung anheimfallen, liess sich nicht verfolgen; es verhält sich aber wahrscheinlich hier ähnlich wie bei den holzständigen Kanälen; jedenfalls ragten von allen Seiten her die Reste der Membranen der umgebenden Zellen in den Kanal hinein. Diese Reste sind von dem Verharzungsprocess angegriffen und geben die bei

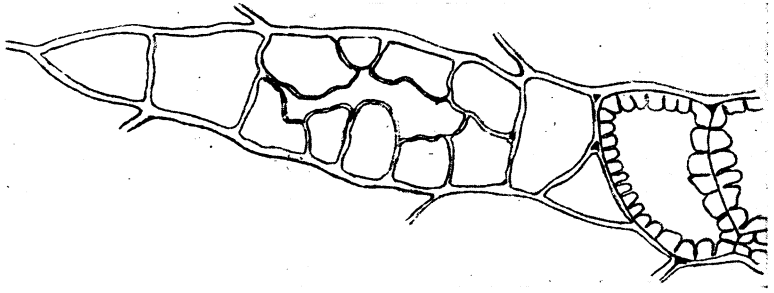

*Fig. 8.*

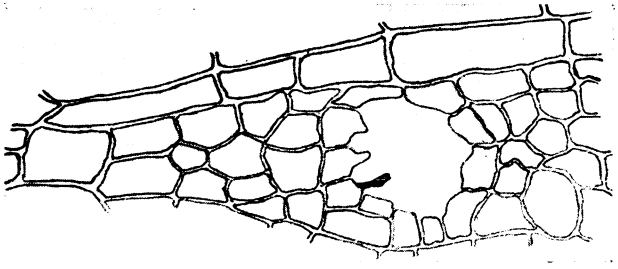

*Fig. 9.*

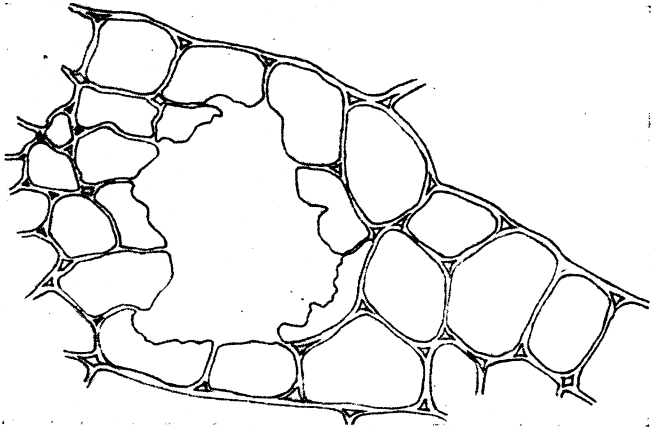

*Fig. 10.*

*Fig. 8, 9 und 10.* Styrax Benzoïn, Drogenmaterial. Tangentiale Längsschnitte durch Markstrahlen, die Entwicklung der horizontalen Kanäle zeigend.

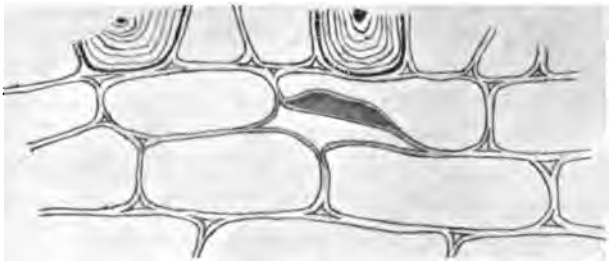

*Fig. 11.*

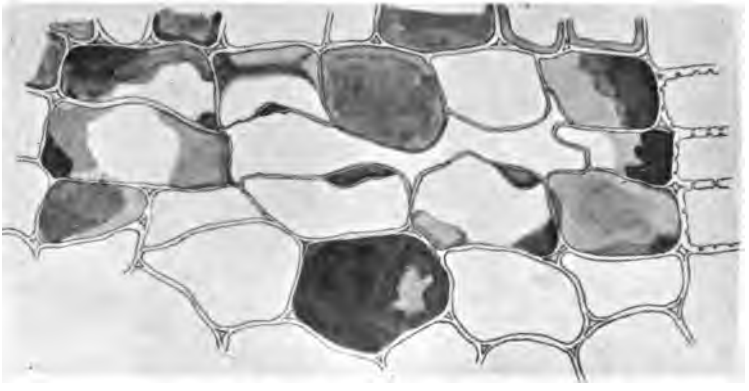

*Fig 12.*

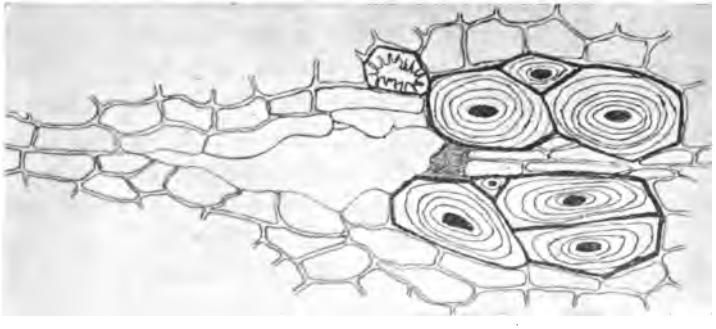

*Fig. 13.*

*Fig. 11, 12 und 13.* Styrax Benzoïn. Drogenmaterial. Querschnitte durch Rindenstücke, verschiedenen Stadien der Entwicklung der horizontalen Harzkanäle der Markstrahlen darstellend.

der Besprechung der Holzkanäle erwähnten Reactionen, auch sind sie viel dunkler gefärbt, als die Membranen sonst. Zuletzt ist der ganze Markstrahl aufgelöst, und jetzt greift der Verharzungsprocess auch das Phloemparenchym und die Sclereïdennester an. Die Auflösung der letzteren hat *Tschirch* (88 II, pag. 11) in sehr anschaulicher Weise geschildert. Dieselbe schalenartige Sonderung der Verdickungsschichten der Sclereïden vor der Auflösung, die von aussen nach innen vor sich geht, habe ich sehr deutlich verfolgen können. An radialen Längsschnitten waren die Anfangsstadien der Kanalbildung sehr deutlich zu beobachten; die späteren Stadien der lysigenen Erweiterung liessen sich

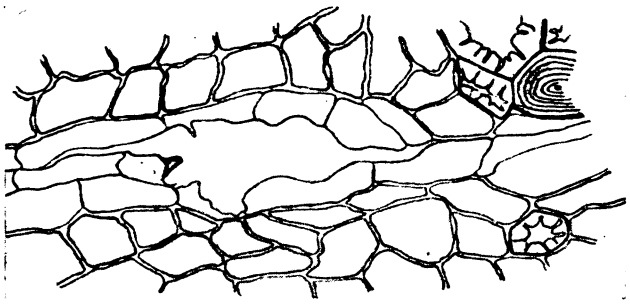

*Fig. 14.*

*Fig. 14.* Styrax Benzoïn, Drogenmaterial. Querschnit durch Rindstück. Ein Stadium der Entwicklung der horizontalen Harzkanäle der Markstrahlen darstellend.

nicht scharf verfolgen, da die Schnitte sehr dick sein mussten um nicht zu zerfallen. An Querschnitten liess sich leicht feststellen, dass die Lücken, genau wie bei dem verwundeten Material von Styrax Benzoïn, nur bis zu der Grenze der secundären Rinde gehen, dass sie hier ihre grösste Entwicklung erreichen, und sich von hier aus als von allen Seiten zugespitzte Pyramiden oder Keile in die innere Rinde fortsetzen. Es liess sich auch constatieren, dass die Anfangsstadien immer zu mehreren in demselben Markstrahl auftreten, und dass in vielen Strahlen keine Lücken gebildet werden. Die Verhältnisse entsprachen vollständig denjenigen, die ich beim verwundeten Material beschrieben habe.

An den Holzstücken, die aus der Droge ausgelesen waren, liessen sich keine Anfangsstadien beobachten; die Kanäle waren alle in sehr weit fortgeschrittener Entwicklung. Ebensowenig konnten zwischen den Markstrahlen die ersten Stadien der schizo-

genen Anlage der Kanäle nachgewiesen werden, dazu waren die Auflösungserscheinungen zu weit fortgeschritten. In mehreren der Gefässe des Holzes liess sich Harz nachweisen; dieses muss aber bei der Verwundung oder während des Einsammelns der Droge eingedrungen sein.

Alles, was ich bei dem Drogenmaterial gesehen habe, stimmt genau mit den Beobachtungen überein, die ich an dem verwundeten Material gemacht habe. Es ist dann kaum zweifelhaft, dass die beiden Benzoëharze in derselben Weise entstehen, und dass auch bei der Siambenzoë die Bildung der Holzkanäle die primäre Reaction nach den absichtlich angebrachten Verwundungen (*Lüdy* II, pag. 463, Fussnote) ist, und dass die in der Rinde auftretenden Harzlücken eine secundäre Begleiterscheinung bilden.

Die zweite von *Wiesner* (72, pag. 87) aufgeworfene Frage, ob die beiden Benzoësorten von derselben Art herrühren, ist, wie angeführt, von ihm in bejahender Weise beantwortet worden. Schon *Henkel* hat (67, pag. 465) Zweifel darüber geäussert, ob eine und dieselbe Art so verschiedene Produkte liefern könnte, und die Polemik *Wiesners* an der angeführten Stelle richtet sich hauptsächlich gegen *Henkel*. Der Zweifel wurde aber auch später von *Flückiger* und *Hanbury* (74, pag. 361) zum Ausdruck gebracht. Sie heben hervor, dass der Baum der die Siambenzoë liefert, in botanischer Hinsicht unbekannt ist; dagegen weiss man mit Bestimmtheit, dass Styrax Benzoïn die Sumatrabenzoë liefert. In seiner Beweisführung setzt inzwischen *Wiesner* als gegeben voraus, dass das Siamharz von S. Benzoïn herrührt, eine Annahme, die nur von den Angaben *Dryanders* gestützt wird.

An der Hand von meinem reichen Material habe ich versucht, der Lösung dieser Frage näher zu treten; zu dem Zweck habe ich die oben erwähnten Holz- und Rindenstücke aus der Droge einem sehr genauen Vergleich mit dickeren und dünneren Rindenstücken von sicher bestimmter Herkunft unterworfen, ohne Unterschiede finden zu können. Bis zu den kleinsten Details stimmten die zwei Rinden und ihre Elemente überein; auch was die Holzelemente betrifft, waren keine Verschiedenheiten weder in Grösse noch in Anordnung zu entdecken. Es scheint somit, dass *Wiesner* Recht hat, obgleich er von einer nicht bewiesenen Voraussetzung ausgegangen ist. Endgültig kann aber die Frage nur an Ort und Stelle beantwortet werden.



Trykt 15. Marts 1905.

Eine Erklärung der Thatsache, dass eine und dieselbe botanische Art verschiedene Harzproducte liefern kann, werde ich später unten zu bringen versuchen.

## Canarium commune L.

Canarium commune L. ist nach *Engler* und *Prantl* (Bd. III, Abth. IV, pag. 240) ein in Hinterindien, auf Java, Celebes etc. vorkommender, stattlicher Baum. *Tschirch* und *Cremer* haben (02, pag. 67) die Vermuthung *Trimens* bestätigt, dass er das Manila-Elemi liefert.

Bei der Untersuchung des normalen Baues dienten mir als Material trocken aufbewahrte, jüngere und ältere Zweigstücke aus dem *Tschirch*'schen Herbar in der Sammlung des pharmaceutischen Instituts in Bern.

Ein etwa 2 mm. dicker Zweig bot auf dem Querschnitte folgendes Bild dar.

Der ganze Umkreis des Zweiges ist wellig gebogen, was mit der eigenthümlichen Anordnung des Bastringes in Zusammenhang steht. Die einschichtige Epidermis ist mit ziemlich stumpfen, dickwandigen Haaren bedeckt, die Luft führen; unter ihr liegt eine einzellige Schicht, wo die Innenwände der Zellen sclerenchymatisch verdickt sind. Die primäre Rinde ist 5—10 Zellen breit und besteht in den äusseren Schichten z. Th. aus collenchymatisch verdickten Elementen. Die Zellen führen reichlich Chlorophyll und Stärke, auch Calciumoxalat kommt vor, theils in Drusen, theils als Octaëder. Der Siebtheil ist von der primären Rinde durch einen ununterbrochenen Bastring getrennt; dieser ist 2—4—6 Zellen breit, die Bastfasern sind ziemlich stark verdickt, und der ganze Ring hat einen mit den Conturen der Epidermis correspondierenden welligen Verlauf, indem eine Ausbuchtung des Bastringes einer solchen des Stengelumkreises entspricht. Unter jeder Ausbuchtung liegt im Siebtheil ein schizogener, von einem wohlerhaltenen secernierenden Epithel umgebener Harzkanal; das Harz lässt keine krystallinische Structur erkennen, löst sich leicht in Alkohol und Chloralhydratlösung (80 %) und lässt nach der Lösung ein grauweisses, sehr vacuolenreiches Gerüst zurück, das bei weiterer Behandlung mit Chloralhydrat sich löst. Es ist dichter und ärmer an Vacuolen,

wo es an die secernierenden Zellen stösst, und stellt die resinogene Schicht dar. Das Cambium bildet einen geschlossenen Ring, der beinahe keine Ausbuchtungen aufweist.

Das Holz hat grosse Gefässe von einem Durchmesser von 50—100 $\mu$. Diese sind, wo sie mit anderen Gefässen in Berührung kommen, mit grossen, dicht nebeneinander stehenden behöften Tüpfeln versehen. Wo sie dagegen mit den Markstrahlen oder mit dem, übrigens verhältnissmässig schwach entwickelten Holzparenchym in Verbindung stehen, sind die Tüpfel im Allgemeinen einfach; die Tüpfelung ist leiterähnlich angeordnet (cfr. *Solereder* 99, pag. 219). In der Nähe des Markes prävalieren die mechanischen Elemente des Holzkörpers, und die Grenze zwischen Mark und Holz ist durch eine gewellte Linie bezeichnet, bei der immer eine Einbuchtung des Holzes in das Mark hinein mit einer Ausbuchtung des Bastringes correspondiert.

Das Mark besteht aus ziemlich ungleichgrossen, isodiametrischen Zellen mit vielen Tüpfeln und kleinen Intercellularen und führt Gefässbündel; diese kommen in einer Anzahl von 8—12 vor und sind im Allgemeinen so angeordnet, dass der Siebtheil nach innen liegt; in jedem Siebtheil liegt ein Harzkanal, ähnlich denen der Rinde. An einzelnen Stellen sind zwei Gefässbündel zu einem zusammengetreten, und ein solches doppeltes Bündel hat dann dementsprechend zwei Harzkanäle.

Bei einem 3,5 mm. dicken Zweige war schon Korkbildung eingetreten, indem die äusserste Schicht der primären Rinde in Phellogen übergegangen war. Die Epidermis mit den Haaren war noch erhalten. Die primäre Rinde hatte ihr Aussehen nur wenig geändert; sie war ein wenig breiter geworden, und einige der inneren Zellen, speciell diejenigen, die ausserhalb der Markstrahlen lagen, waren z. Th. schief tangential gestreckt. Der Bastring war auseinandergesprengt, besonders an den Stellen, wo die Markstrahlen ausmündeten, und hier lagerten sich Sclereïden ein; die Bildung eines gemischten Ringes hatte somit angefangen. Der Siebtheil war breiter geworden; die alten Kanäle waren erhalten und hatten sich z. Th. lysigen erweitert. In der äusseren Zone waren auch einige neue angelegt, bei welchen man leicht die schizogene Anlage verfolgen konnte. Die Zellen des Phloëmparenchyms führten reichlich Krystalle.

Der Holzkörper bestand aus den früher erwähnten Gefässen,

viel Libriform und einem wenig hervortretenden Parenchym, das in ausgesprochen concentrischen Kreisen angeordnet war. Die Markstrahlen waren schmal, ein-zweireihig, ziemlich hoch; einige secundäre waren schon angelegt. In den markständigen Gefässbündeln hatten einige der Harzkanäle sich lysigen erweitert.

Bei einem Zweige von 4,5 mm. Durchmesser war die Korkbildung schon ziemlich weit fortgeschritten; in der primären Rinde hatten einige Zellen angefangen, sich sclerenchymatisch zu verdicken. Der Bastring war vollständig zersprengt, so dass an vielen Stellen die Sclereïden den Haupttheil des gemischten Ringes bildeten. In der secundären Rinde waren innerhalb der ursprünglichen Kanäle einige wenige neue angelegt, und zwischen den Zellen des Phloëms traten zerstreute kleine Gruppen von Bastzellen auf. Ein Zweig von 7 mm. Dicke bot dasselbe Bild dar, nur waren die mechanischen Elemente weiter entwickelt und stärker verdickt; neue Harzkanäle in der secundären Rinde waren nicht angelegt. In dem Bau des Holzkörpers waren keine Aenderungen eingetreten.

Das Blatt ist ungleichfiederig, 5—7 jochig. Die Blattspindel ist wie ein junges Stammorgan gebaut, nur mit dem Unterschiede, dass die Siebtheile der markständigen Gefässbündel nach unten gerichtet sind. Die Blättchen sind eilanzettförmig, lederartig hart, kurzgestielt, 5—8 cm. lang. Der Hauptnerv ist in der Nähe der Basis auf dem Querschnitt dreieckig, nach unten vorgewölbt und weicht in seinem Bau nur wenig von dem der Blattspindel ab. Unter der Epidermis liegt eine Hypodermis, dann kommt ein chlorophyllführendes, schwach collenchymatisch entwickeltes Gewebe mit Calciumoxalatkrystallen. Der leitende Theil des Blattnervs ist von einem wellig gebogenen Bastring umgeben; unter ihm liegt ein beinahe geschlossener Siebtheil mit Harzkanälen, von denen — wie im Stamm und in der Blattspindel — je einer mit einer Ausbuchtung des Bastringes correspondiert. Der Holztheil bildet auch einen beinahe ringsum geschlossenen Kreis. Das Mark ist wie dasjenige des Stammes gebaut, enthält grosse dünnwandige Schleimzellen und einige wenige Gefässbündel, jedes mit einem Harzkanal im Siebtheil. Die Bündel sind so orientiert, dass der Basttheil nach unten zu liegt.

Die feineren Nervenverzweigungen sind aus nur je einem Siebtheil mit einem Harzkanal und einem Holztheilkiel zusammen-

gesetzt. Das ganze Bündel ist von einer Bastscheide umgeben und in das Mesophyll eingebettet ohne sich vorzuwölben. An der Oberseite des Blattes finden sich dicht nebeneinander liegende Schleimzellen, die aus der Hypodermis hervorgegangen sind; das Palissadenparenchym ist 2—3 Zellen hoch und steht durch sehr deutlich ausgebildete Sammelzellen mit den leitenden Elementen des Blattes in Verbindung. Das Schwammparenchym führt Oxalatdrusen; Spaltöffnungen finden sich nur an der Unterseite des Blattes.

In keinem Falle konnte ich in den Holztheilen des Stammes Harzkanäle finden.

Zur Untersuchung der Resultate der Verwundungen lagen mir verschiedene Stamm- und Zweigstücke vor. Die Versuche waren am 9ten Mai 1900 angefangen und die betreffenden Stücke am 29ten August 1900 abgesägt worden; die unten zu erwähnenden Gewebe hatten sich somit während 112 Tage gebildet. Nach der Grösse der angebrachten Wunde hatte die Pflanze in verschiedener Weise reagiert; die durchgreifendste Reaction war auch hier durch eine Ringelung hervorgerufen.

Von einem etwa 6 cm. dicken Zweige war ein ca. 5 cm. breiter Rindenstreifen entfernt worden. Oberhalb der Wunde hatte sich ein fast centimeterdicker, sehr regelmässiger Ueberwallungswulst gebildet; auch die Rinde war hier 1—2 mm. dicker als an den Stellen, wo keine oder eine nur sehr schwache Einwirkung des Wundreizes zu beobachten war. Unter dem Ueberwallungswulst, der nicht direct an dem blossgelegten Altholz anlag, hatte ein schwacher Harzfluss stattgefunden. An dem unteren Wundrand hatte sich auch ein, jedoch viel kleinerer Ueberwallungswulst gebildet, und auch hier war ein Harzaustritt zu constatieren.

Drei cm. oberhalb der Wundstelle — das Object war leider nicht grösser —, hatte sich ein etwa 2 mm. breites Neuholz gebildet, in dessen innerer Zone schon mit blossem Auge ein einfacher Ring von Harzkanälen zu sehen war. Diese innere Zone war ziemlich dunkel gelb-gelbbraun verfärbt und hob sich schon dadurch von dem annähernd weissen Altholz ab; weiter nach aussen wurde die Farbe des Neuholzes immer heller. Auch hier liess sich wie bei Styrax Benzoïn leicht feststellen, dass das Jung-

holz breiter, leichter vom Altholz unterscheidbar und reicher an Kanälen war an der Seite, wo der Ueberwallungswulst am besten entwickelt war.

Die microscopische Untersuchung ergab, dass das Neuholz in seiner Structur nur verhältnissmässig wenig von dem Altholz unterschieden war. Die mit dem blossen Auge wahrnehmbare braungefärbte Zone erwies sich als ein ungewöhnlich breiter Parenchymstreifen, in welchem die Harzkanäle sich befanden. Die Zellen dieses parenchymatischen Ringes trugen einen nur schwach hervortretenden tracheïdalparenchymatischen Character; im Allgemeinen waren sie ziemlich reichlich einfach getüpfelt, den Markstrahlzellen des normalen Holzes am meisten ähnlich, nur nicht wie diese radial gestreckt. Die Wände waren mit einem gelben-gelbbraunen Farbstoff imprägniert, über dessen chemische Natur sich nichts ermitteln liess. Die gewöhnlichen Aufhellungsmittel wie Chloralhydratlösung, Kalilauge etc. entzogen ebensowenig wie Alcohol der Wand Farbstoffe in nennenswerther Menge. Mit Jodpräparaten färbten sich die Wände ein wenig dunkler gelb, und mit Phloroglucin und Salzsäure gaben sie Ligninreaction. Gefässe traten in diesem Ringe nicht auf.

Wo der Ring am meisten Kanäle enthielt, war er bis 12 Zellreihen breit; nach aussen zu ging er durch allmähliche Uebergänge in ein annähernd normales Gewebe über, das sich von dem Altholz hauptsächlich dadurch unterschied, dass die Elemente alle kürzer waren, und dass die Gefässe ein engeres Lumen besassen. Einen deutlichen Uebergang von verdicktem und verholztem Parenchym zu Libriform konnte ich nicht verfolgen. Die Verdickung der Membranen wurde allerdings nach und nach grösser und die Tüpfel wurden immer mehr in die Länge gezogen, der Uebergang von der parenchymatischen zu der prosenchymatischen Form schien aber ziemlich plötzlich zu sein. Die Gefässe waren nur durch die Kürze ihrer Glieder und ihr engeres Lumen von denjenigen des Altholzes zu unterscheiden; die Tüpfelung war dieselbe. An einigen Stellen waren sie durch Thyllen verschlossen, eine Erscheinung die auch in dem normalen Holze auftrat; ein Verstopfen der Gefässe durch Gummi oder Bassorin konnte ich bei Canarium commune überhaupt nicht finden. Die Markstrahlen liessen sich in dem parenchymatischen Ring nur dadurch von den anderen Zellen unterscheiden, dass die Zellen,

die die Strahlen des Altholzes mit denjenigen des Neuholzes verbanden, an den tangentialen Wänden reichlicher getüpfelt waren als die übrigen Zellen.

Die Harzkanäle führten einen beinahe weissen Inhalt von z. Th. crystallinischer Structur. An einigen Stellen waren noch einzelne Kanäle zu sehen, die in der Anlage begriffen waren; es liess sich leicht feststellen, dass die Harzgänge schizogen in dem oben erwähnten Ring angelegt werden, zwischen der zweiten und dritten oder dritten und vierten Zellreihe des Neuholzes. Ein Intercellularraum zwischen 4 Zellen vergrössert sich durch Auseinanderweichen der Zellen, wobei diese ihre ursprüngliche Gestalt annähernd behalten; bald tritt eine Lösung der Intercellularsubstanz zwischen noch einigen anderen, benachbarten Zellen auf, und der Kanal ist von 6—8 secernierenden Zellen ausgekleidet. Bis zu diesem Stadium ist die resinogene Schicht nach vorsichtigen Auslösen des Harzes mittelst Alcohol als ein weissgrauer, in Chloralhydratlösung und Kalilauge quellbarer Belag der secernierenden Zellen zu sehen. Wenn die Kanäle diese Grösse erreicht haben, setzt die lysigene Erweiterung ein. Der Process nimmt hier einen etwas anderen Verlauf als bei Styrax Benzoïn. Der Inhalt der secernierenden Zellen wird von der resinogenen Schicht bei der Harzbildung aufgebraucht, die Zellen fallen zusammen unter Lösung der Verdickungsschichten der Wand, und zuletzt geht diese ganz in Harz über. Der Kanal wird dann von diesen zusammengefallenen, inhaltsarmen oder leeren Zellen ausgekleidet, und an einzelnen Stellen ragen die Reste der verharzten Wände als kleine dünne Zapfen in das Lumen hinein. In diesen lysigen erweiterten Kanälen liess sich keine resinogene Schicht mehr deutlich nachweisen.

Die Rinde hatte keine krankhaften Aenderungen erlitten; sie war 4—5 mm. dick, hatte einen wohl entwickelten Kork aber keine Borke. In der secundären Rinde lagen ziemlich grosse, tangential gestreckte Bastbündel und viele Sclereïden; die ursprünglich vorhandenen Harzkanäle waren erhalten, keine neuen aber angelegt; in der primären Rinde traten viele und grosse Sclereïden auf.

2 cm. näher der Wunde bot das Object ziemlich genau dasselbe Bild dar. Hier war auch nur ein Kanalkreis vorhanden. Die Kanäle waren in sehr weit fortgeschrittener lysigener Erweite-

rung begriffen, und in das Lumen ragten nur sehr kleine und sehr dünne Reste der Wände der umliegenden Zellen hinein. Die Gefässe waren auch hier kurzgliederig und englumig, überall behöft getüpfelt, und Uebergänge zwischen Tracheïden und Gefässen sehr leicht zu beobachten. Die Rinde verhielt sich genau wie 2 cm. höher am Stamm.

Im Ueberwallungswulst selbst war das Gewebe sehr zartwandig gebaut. Die Zellen waren weitlumig, ihre Wände verholzt aber nur wenig verdickt, behöft getüpfelt, und ihre überwiegende Mehrzahl parenchymatisch. Das Tracheïdalparenchym wurde von Bändern aus kurzen, schwach meisselförmig zugespitzten, stärker verdickten Zellen durchsetzt; diese boten eine gewisse Aehnlichkeit mit den Libriformfasern dar, besassen aber keine typische linksschiefe Tüpfelung. Weiter nach oben und aussen gingen sie in ein unzweifelhaft als Libriform zu bezeichnendes Gewebe über. Durch die Biegungen und den schiefen Verlauf der Markstrahlen traten überall, wie zu erwarten war, Maserbildungen auf. Die Gefässe waren nur in geringer Zahl vorhanden und unterschieden sich nur durch das weitere Lumen und die reichlichere Tüpfelung am Querschnitt von dem Tracheïdalparenchym.

Die Rinde war aus einem hauptsächlich parenchymatischen, nur lose zusammenhängenden Gewebe aufgebaut, dessen mechanische Elemente beinahe ausschliesslich aus Sclereïden bestanden. In dieser neu angelegten Rinde waren keine Kanäle angelegt.

Hier lagen wie bei *Styrax Benzoïn* die Kanäle des pathologischen Holzes nur in dem innersten, zuerst gebildeten Theil und standen in unmittelbarer Verbindung mit der Wundfläche, indem sie in den engen Raum zwischen dieser und dem Ueberwallungswulste ausmündeten. Durch vorsichtiges Entfernen der Rinde und der äusseren Schichten des Neuholzes liess sich leicht feststellen, dass auch hier die Kanäle ein zusammenhängendes Netzwerk bildeten, indem der Holzkörper bis auf die Markstrahlen gelöst war und nur diese eine Verbindung zwischen den inneren und äusseren Schichten des Neuholzes bildeten.

Unterhalb der Wunde waren die Verhältnisse dieselben. Es liess sich aber hier bei Canarium ebenso wie bei Styrax feststellen, dass der Wundreiz sich viel deutlicher oberhalb der Wundstelle bemerkbar macht. So waren z. B. 3 cm. unterhalb der

Wunde ziemlich reichliche Kanäle in der innersten Zone des Wundholzes vorhanden, aber erstens war ihre Zahl bedeutend kleiner als in einer entsprechenden Entfernung oberhalb der Wundstelle, und zweitens waren sie alle durchschnittlich viel weniger entwickelt. Besonders hier liessen sich die Anfangsstadien der Anlage und der Erweiterung der Kanäle deutlich verfolgen. Je näher man an die Wundstelle selbst rückt, um so grössere Aehnlichkeit erhalten die microscopischen Bilder mit den oben geschilderten, nur hatte das Gewebe einen weniger pathologischen Character als oberhalb der Wunde. Beinahe bis zur unteren Wundgrenze liess sich feststellen, dass schon die 5te bis 6te Zellreihe ausserhalb des Kanalkreises einen fast normalen Character hatte. Die Zellen waren nur wenig parenchymatisch entwickelt, trugen nur in den inneren Reihen behöfte Tüpfel, hatten ein enges Lumen, und die Gefässe und das Libriform waren sehr deutlich als solche zu erkennen. Selbst in dem kleinen Ueberwallungswulste bot das Bild wenig pathologisches dar; die Maserbildung war nur wenig ausgeprägt und die Rinde hatte einen mehr prosenchymatischen Character, indem die mechanischen Elemente der Hauptmenge nach aus Bastbündeln bestanden.

Ein zweites Zweigstück, in derselben Weise verwundet, war in keiner Beziehung von dem oben beschriebenen Stück verschieden.

Ein drittes Stück war durch Anbrennen verwundet worden. Eine solche «Schwelung» wird oft, wohl aber nur in Verbindung mit anderen Verwundungen, durch welche das Altholz auf grössere Strecken blossgelegt wird, angewandt um einen Harzfluss zu beschleunigen oder hervorzurufen. An meinem Material von *Canarium* sass die Rinde noch dem verwundeten Zweigstück an als eine an einzelnen Stellen geborstene, an der Oberfläche schwach verkohlte Hülle, die bei Berührung sich in unregelmässigen Stücken ablöste. Weder auf noch unter dieser geschwärzten Rinde liess sich ein Harzaustritt beobachten. Unterhalb der Rinde war das Altholz in der ganzen Ausdehnung der Wunde schwarzgrün gefärbt, was z. Th. durch ein dunkel braungrünes, unbestimmbares Pilzmycel bedingt wurde. Das Cambium war abgestorben.

Wo an den Wundrändern das Cambium noch intact war, hatte sich Neuholz gebildet, dessen Ränder sich allmählich über

die Wunde ausbreiteten; ein ausgeprägter Unterschied zwischen dem alten und dem neuen Holze liess sich in einiger Entfernung von der Wunde nicht feststellen, selbst nicht mit der Lupe, und von Kanälen war keine Spur zu sehen.

Die microscopische Untersuchung lehrte auch, dass an den Enden des Stückes in einer Entfernung von 3 cm. von der Wundfläche das Gewebe normal entwickelt war. Vielleicht war das Wachstum ein wenig beschleunigt worden, es hatte jedenfalls mit dem des unten zu erwähnenden pathologischen Neuholzes Schritt gehalten. Eine Wundholzbildung war eingetreten, indem sich einige Gefässe des Altholzes und auch einige des Neuholzes durch Thyllen verschlossen hatten. In einer Entfernung von etwa 1 cm. vom Rande des Neuholzes machte sich dessen pathologischer Character bemerkbar. Ein Tracheïdalparenchym, durch Uebergangsformen aller möglichen Art mit den Elementen des in grösserer Entfernung gebildeten normalen Neuholzes verbunden, lag dem Altholz dicht an; in den äusseren Schichten traten dann bald kurzgliederige Gefässe auf, alle mit behöften Tüpfeln, die Markstrahlen waren deutlicher als solche zu erkennen, und die mechanischen Elemente traten in mehr prosenchymatischen Formen auf. Nur in der nächsten Nähe des blossgelegten Holzkörpers, in dem auch eine durch Thyllenbildung characterisierte Wundholzbildung eingetreten war, hatten auch die äusseren Schichten des Neuholzes den tracheïdalparenchymatischen Character behalten.

Das gänzliche Fehlen von Harzkanälen wurde auch bei der microscopischen Untersuchung bestätigt; es fanden sich keine Intercellularräume, die als Anfangsstadien einer Kanalbildung gedeutet werden konnten, ebensowenig konnte ich Erweiterungsstadien finden. Nach Harzgallen wurde besonders genau gesucht, aber auch ohne Resultat.

Ein viertes Stück war durch das Entfernen eines Rindendreiecks verwundet worden; der Zweig hatte einen Durchmesser von etwa 2,8 cm.; und die grösste Ausdehnung der Wunde erstreckte sich über etwa ein Drittel des Rindenumkreises. An den beiden oben zusammenstossenden Wundrändern hatten sich kräftige Ueberwallungswulste gebildet, die in Verbindung mit einem von dem unteren Wundrande ausgehenden die Wunde beinahe verschlossen hatten.

Bei der microscopischen Untersuchung wurden absolut keine Kanäle gefunden. Das Gewebe hatte den gewöhnlichen tracheïdalparenchymatischen Character besonders in der nächsten Nähe der Wunde. An den Uebergangsstellen zwischen dem Neuholz der Randwulste und dem Altholz fielen kleine destruirte Zellenkomplexe auf, die mit einer braunen, in Alcohol nur theilweise löslichen Masse erfüllt waren; nach der Behandlung mit Chloralhydratlösung (80 %) verschwand der Inhalt vollständig, und in das Lumen der entleerten Höhlung ragten dünne, braungefärbte Membranfetzen hinein. Die Entwicklungsgeschichte dieser wahrscheinlich als Harzgallen zu deutenden Hohlräume ist die folgende.

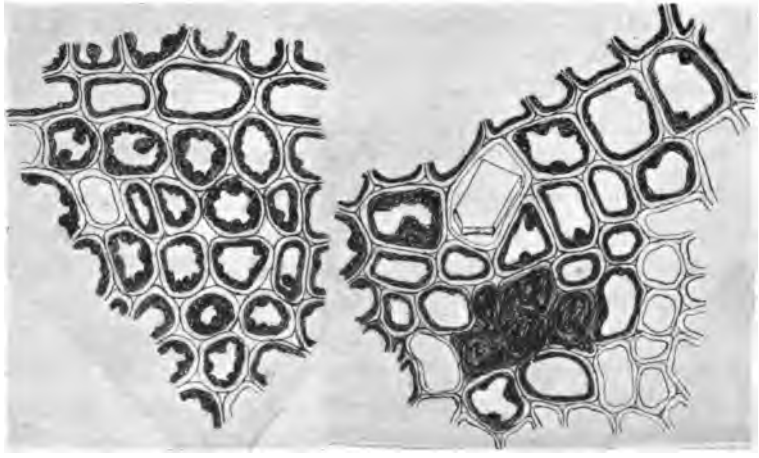

*Fig. 15.* *Fig. 16.*

*Fig. 15 und 16.* Canarium commune: Successive Stadien der Harzgallenbildung. Querschnitt, Schnittwunde.

Die Zellen des Tracheïdalparenchyms führen z. Th. einen Inhalt; dieser liegt der Wand dicht an und hebt sich durch seine mehr oder weniger dunkelbraune Farbe von der grauweissen Wandsubstanz ab. Diese giebt mit Chlorzinkjod eine ziemlich dunkle, braune Färbung und mit Phloroglucin und Salzsäure nur eine sehr schwache Ligninreaction. Gegen das Lumen der Zelle zu bildet der Wandbelag mehr oder weniger regelmässige, abgerundete Hervorragungen, von denen besonders einzelne sich durch ihre Grösse und dunklere Färbung auszeich-

nen; sie können vereinzelt oder zu mehreren in derselben Zelle vorkommen. Dieser Inhaltskörper ist nach seinen Reactionen als eine resinogene Schicht zu bezeichnen, und ist auch gegen das Lumen der Zelle durch eine «innere Haut» (*Tschirch* 93, p. 375) begrenzt, die sich durch Behandeln der Schnitte mit *Schultze*'scher Mischung oder conc. Schwefelsäure nachweisen lässt.

Nach und nach nimmt die resinogene Schicht an Dicke zu, die Verdickungsschichten der Membranen gehen in ihre Bildung auf, und das Lumen der Zelle wird zuletzt beinahe ganz von einer braungelben Masse ausgefüllt, von der ein kleiner Theil sich durch Alcohol entfernen lässt. Die Zellwände platzen jetzt, wie es scheint immer gegen einen Intercellularraum zu, wo drei oder vier harzbildende Zellen zusammenstossen, und die Harzgalle ist gebildet. Die Bildung dieser Harzgallen scheint somit rein lysigen vor sich zu geben, jedenfalls wurden niemals Intercellularräume beobachtet, die durch ihre Grösse oder irgend einen Inhaltskörper als schizogene Harzgänge gedeutet werden konnten.

Eine ganz analoge Harzgallenbildung hat *Nottberg* (97) bei den *Coniferen* beschrieben, beispielsweise bei *Pinus Strabus L.* (pag. 38). Wie die Zellen, die die resinogene Schicht enthalten, zu einer Harzgalle verschmelzen, geht aus seiner Zeichnung und aus dem Texte nicht deutlich hervor. Nach der Abbildung aber scheint es, als ob die Wände bei der Bildung der resinogenen Schicht nach und nach verbraucht werden, indem die Umwandlung von dem Lumen aus nach der Peripherie zu fortschreitet. Ein ähnlicher Vorgang spielt sich bei *Canarium* ab. An den Stellen, wo die resinogene Schicht am weitesten in das Lumen der Harzzellen hiereinragte, war die Wand der Zelle am dünnsten.

In den Markstrahlen des Altholzes traten auch in der nächsten Nähe der jungen Harzgallen Destructionsphänomene auf. Die Zellwand war sehr dünn und von einem braunen körnigen Körper ausgekleidet, der in den allgemein verwandten Lösungsmitteln unlöslich war; er quoll auch nur sehr wenig in Chloralhydratlösung. Der Wandbeleg hatte niemals das Aussehen und die Reactionen einer resinogenen Schicht und ein Auflösen der Wände konnte ich an meinem Material nicht beobachten. Eine Betheiligung dieses Gewebes an der Harzgallenbildung ist somit nicht anzunehmen. Die pathologische Aenderung erstreckte sich

nur auf die 2—3 äussersten Zellen des Markstrahls, und Libriform und Holzparenchym wurden nicht berührt.

Bei *Canarium commune* bildet sich also nach einer jeden Verwundung, die einen Theil des Cambiums zerstört, ein tracheïdalparenchymatisches Gewebe. Ist die Verletzung gross und wird ein grösseres Stück des Holzkörpers blossgelegt, treten in diesem pathologischen Holze schizo-lysigene Harzkanäle auf; ist die Wunde kleiner, so dass sie schnell von dem Ueberwallungsgewebe bedeckt wird, bilden sich nur kleine lysigene Harzgallen, und bleibt der Holzkörper wie bei der Schwelung von der Rinde bedeckt, so treten in dem Tracheïdalparenchym weder Kanäle noch Harzgallen auf. Das pathologische Gewebe geht früher oder später in ein normales über.

---

## Shorrea stenoptera Burck.

*Shorrea stenoptera* ist (*Engler* und *Prantl* Bd. III, Abth. 6, pag. 266) ein in den Urwäldern Borneos ziemlich häufig auftretender, mächtiger Baum, der wie viele anderen Arten der Gattung ein copalähnliches Harz und sehr fettreiche Samen liefert.

Ein ganz junger, noch beblätterter Zweig (Herbarmaterial) bot nach Erweichung in Glycerin und Wasser auf dem Querschnitt folgendes Bild dar:

Der Umkreis war ellipsoïdisch, der Durchmesser 3, bezw. 5 mm. Die Epidermis war einschichtig, dicht mit grossen, einzelligen Haaren besetzt, die oft zu Büscheln vereinigt waren. Die primäre Rinde war ziemlich breit, und in ihr liessen sich drei ausgesprochen verschiedene Zonen unterscheiden. Direct unter der Epidermis lagen 3—4 Reihen dünnwandiger, parenchymatischer Zellen mit Chlorophyllkörnern; darauf folgte ein ununterbrochener, 3—5 Zellen breiter Sclereïdenring, dessen Elemente muldenförmig verdickte Wände besassen, indem die nach aussen gekehrte Wand unverdickt blieb. Tüpfel und grosse, z. Th. verzweigte Tüpfelkanäle traten sehr häufig auf. Unter diesem Ring lagen 6—8 Reihen parenchymatischer Zellen, die ein wenig grösser waren als diejenigen der äusseren Zone und reich-

lich Kalkoxalat führten. Die Krystallen trat im Allgemeinen in Drusen auf, nur selten kamen Octaëder vor. Die secundäre Rinde wurde durch einen gemischten Ring im Sinne *Tschirchs* (89, pag. 390) von der primären abgegrenzt. Die Bastfaserbündel waren 6—8—10 Zellen dick und ein wenig breiter, so dass sie als breite, tangentiale Bänder erschienen. Die Sclereïden hatten beinahe dieselbe Form wie diejenigen der äusseren Rinde, waren ebenfalls reichlich getüpfelt und lagen genau ausserhalb der Rindenstrahlen. Im Siebtheil lagen die Siebröhren und das Phloëmparenchym in tangentialen Reihen, die mit Bastzellbündeln abwechselten. Diese waren im Allgemeinen ein wenig schmäler als diejenigen des gemischten Ringes. Krystallkammerfasern und senkrecht verlaufende Gruppen von Zellen mit Kalkoxalatdrusen kamen nur vereinzelt vor. Unter der Lupe bot die secundäre Rinde die von *Solereder* (99, pag. 155) hervorgehobene, für die Dipterocarpaceen characteristische Aehnlichkeit mit der Tiliaceenrinde dar: Die zungenförmig nach aussen sich verschmälernden, ein wenig wellig gebogenen Siebtheile wechselten regelmässig mit den sich nach aussen verbreiternden Rindenmarkstrahlen ab.

Der Holzkörper bildete einen von vielen Markstrahlen durchgezogenen Ring und bestand aus Libriformfasern und Gefässen; die die Gefässe unter einander und mit den Markstrahlen verbindenden Holzparenchymbrücken traten in reichlicher Entwicklung auf. Die älteren Gefässe waren hauptsächlich Spiralgefässe, die jüngeren hatten behöfte Tüpfel. Die Markstrahlen waren 2—3 reihig, 6—8—12 Zellen hoch; die Wände der Zellen waren ziemlich stark verdickt, reichlich getüpfelt und die Zellen ausgesprochen radial gestreckt. Das Mark bestand aus einem grosszelligen, reichlich durchlüfteten Parenchym, dessen Zellen ein wenig in der Achsenrichtung des Organs gestreckt waren. In der Randzone des Markes lagen in einer Zahl von 7—8—10 grosse, schizogene Harzbehälter, die ganz nach dem Dipterocarpaceentypus gebaut waren, wie ein solcher schon mehrmahls beschrieben worden ist, z. B. von *Bécheraz* (93, pag. 30 seq.)

In der primären Rinde verlaufen die Blattspurstränge. Ihre Lage ist schon äusserlich zu erkennen, indem sie hervorragende Leisten bilden. Ein Blattspurstrang tritt aus dem Gefässbündelkreiss des Zweiges hinaus, einen markständigen Harzkanal mit-

nehmend; dabei verläuft er ziemlich wagerecht durch den Holzkörper und die secundäre Rinde um in der primären wieder scharf umzubiegen und den Raum zwischen dem gemischten Ringe und dem äusseren Sclereïdenkreis einzunehmen. Der Blattspurstrang verläuft durch mehrere Internodien bevor er in das Blatt hinaustritt, und führt anfangs nur einen Harzkanal. Weiter nach oben verzweigt sich dieser, und der Strang tritt zuletzt als eine sehr selbstständige Bildung auf. Gegen das Rindenparenchym des Zweiges ist er durch einen Bastbündelkreiss abgegrenzt, dann folgt ein gut entwickelter Siebtheil mit Bastbündeln; der Holzkörper ist excentrisch gebaut, gegen die Peripherie zu im allgemeinen am schwächsten entwickelt, und in dem Mark liegen die Harzkanäle. Auch die Blattspuren der Nebenblätter treten in einem sehr frühzeitigen Stadium als selbstständige Bündel in die primäre Rinde hinaus und unterscheiden sich nur durch ihren geringeren Durchmesser von den anderen Blattspuren.

In einem Zweigstück von etwa 1.5 cm. Dicke war derselbe Bau mit kleinen Aenderungen wiederzufinden. Durch die eingetretene Kork- und Borkebildung waren die Epidermis mit den Haaren, der Sclereïdenring und auch z. Th. die Blattspurstränge abgeworfen. Die secundäre Rinde zeigte dasselbe zahnradähnliche Alternieren von Markstrahlen und Siebtheilen. Die Bastzellgruppen und die Sclereïdennester waren grösser und zahlreicher geworden und auch deutlicher tangential gestreckt. Die cambiale Zone zählte etwa 4—8 Zellreihen. Der Holzkörper war wie in dem jüngeren Zweige gebaut; die neuangelegten Gefässe waren grösser und hatten ein weiteres Lumen als die älteren. Die in der Randzone des Marks auftretenden Harzkanäle hatten keine Aenderungen erlitten und neue waren nicht angelegt. Wenn die Zweige eine Dicke von 4—5 cm. erreicht haben, liegt das lanzetförmig—ovale Mark annähernd in der Mitte des Zweiges. Die Markstrahlen sind bei solchen dickeren Zweigen oft ziemlich hoch, 30—40 Zellen zählend, im Allgemeinen aber nur 2—3 reihig.

In diesem Stadium des Dickenwachstums kommen auch normal Harzkanäle in dem Holzkörper vor. Sie treten in concentrischen Kreisen auf (cfr. *Solereder* 99, pag. 159) und entstehen schizogen in den Holzparenchymbrücken, die die Gefässe unter einander und mit den Markstrahlen verbinden. Bei dem von mir untersuchten Material erreichten sie niemals eine bedeutende

Grösse, und lysigene Erweiterungsstadien traten nie auf. Sie waren im Allgemeinen viel kleiner als die Gefässe und von 4—5 Zellen umgeben, an deren Wandungen nach geeigneter Behandlung eine resinogene Schicht sich nachweisen liess. Das Harz war in Alcohol leicht und vollständig löslich.

An dem verwundeten Material waren die Verletzungen am 10ten Mai 1900 angebracht und die betreffenden Stücke am 29ten August abgesägt worden. Das Wundgewebe war somit innerhalb 110 Tagen gebildet worden. Die Verwundungen waren alle solche, die bei der Harzgewinnung in Anwendung gezogen werden, nämlich Fensterwunden, Schnitt- und Schwelwunden.

Bei dem Fenstern war eine etwa 20 cm.$^2$ messende Fläche des Holzkörpers blossgelegt worden durch Entfernen eines entsprechenden Stückes der Rinde; das Versuchsobject war ein Zweig von etwa 4 cm. Durchmesser. Rings um der Wunde hatten sich, von dem unverletzt gebliebenen Cambium bei den Wundrändern ausgehend, Ueberwallungswülste gebildet. Besonders kräftig entwickelt war, wie man erwarten musste, der an der oberen Begrenzung der Wundstelle liegende Wulst; weit hinter ihm kamen die seitlichen und am wenigsten hervortretend war der Ueberwallungswulst unterhalb der Wunde. An den Wundrändern und über die Wundfläche ausgegossen lagen grosse hellgelbe Harzklumpen, die besonders reichlich am oberen Wundrand zu sehen waren. Sie traten aus dem neugebildeten Wulst hinaus oder zwischen ihm und dem Altholz. Auch aus dem blossgelegten Holzkörper waren ein Paar ganz kleine Harztröpfchen ausgetreten.

Das etwa 20 cm. lange Object wurde mit der Laubsäge in der Mitte der Wunde durchgesägt, und es zeigte sich dann, dass sich ein Neuholz gebildet hatte, das sich verhältnismässig leicht durch seine dunklere Farbe von dem Altholz unterscheiden liess. An der von der Wunde abgekehrten Seite war das Neuholz ziemlich schmal, verbreiterte sich aber gegen die Wunde zu keilförmig und war in dem Wulst wenigstens 2—3 mal dicker als an der von der Wunde abgekehrten Seite. Die Rinde war gar nicht verändert, nur war das den Wulst bedeckende Rindengewebe bedeutend dünner als die Rinde sonst. Mit der Lupe liessen sich in der nächsten Nähe der Wundstelle zahlreiche, grosse Harzkanäle beobachten, deren Zahl und Grösse weiter nach hinten immer kleiner wurde.

An Schnitten aus der Mitte der Wunde liess sich folgendes ermitteln. Das Cambium an den Wundrändern hatte ein sehr characteristiches Tracheïdalparenchym gebildet, dessen Zellen braungelb verfärbt waren und reichlich Inhalt führten. Markstrahlen und Gefässe oder vielleicht besser gefässähnliche Zellen waren erst in einer gewissen Entfernung von dem Altholz zu finden. Dagegen lagen in der rein parenchymatischen Zone grosse, schizogene Harzkanäle, die in dem Wulst selbst und in dessen Nähe zum grössten Theil lysigen erweitert waren. Je weiter man von der Wunde aus nach der abgekehrten Seite rückt, um so schmäler wird die parenchymatische Zone und um so spärlicher und kleiner die Kanäle. An der von der Wunde abgekehrten Seite bildeten die Markstrahlen des Neuholzes die directe Fortsetzung derjenigen des Altholzes, und zwischen je zwei Markstrahlen trat ein einziger Harzkanal auf. Die Kanäle bildeten einen nur an der Wundstelle selbst unterbrochenen Ring um das ganze Altholz herum.

Die lysigene Erweiterung der Kanäle geht in der bei Styrax Benzoïn beschriebenen Weise vor sich. Die dem Lumen des Kanals zugekehrten Schichten der Wände der secernierenden Zellen gehen allmählich in der Bildung der resinogenen Schicht und des Harzes auf, und die zurückbleibende innere Schicht platzt. Aller Wahrscheinlickeit nach werden bei diesem Process zuerst die sogenannten incrustierenden Substanzen gelöst. Reactionen, die angestellt wurden, um dem chemischen Character der in Auflösung begriffenen Membran näher zu treten, hatten jedenfalls das Resultat, dass alle Wände der die Kanäle auskleidenden Zellen und auch zum grossen Theil diejenigen der nächsten Zellschicht keine Ligninreaction mehr gaben. Mit Jod-Jodkalium, Jod und Schwefelsäure, Chlorzinkjod, Osmiumsäurelösung und Kalilauge traten dieselben Färbungen auf wie bei *Styrax Benzoïn.*

Etwa 4 cm. oberhalb der Wundgrenze hatte sich ein geschlossener Ring aus Neuholz gebildet, dessen Elemente an der von der Wundstelle abgekehrten Seite nur sehr wenig gefärbt waren, dem gewöhnlichen, normalen Holzgewebe sehr ähnlich aussahen und keine Harzkanäle enthielten. Gerade über der Wunde dagegen war das Neuholz viel breiter, stärker gelbbraun gefärbt, hauptsächlich — jedenfalls in der inneren Hälfte — aus Tracheïdal- und Netzleistenparenchym zusammengesetzt und ent-



Trykt 16. Marts 1905.

hielt hier auch ziemlich grosse, dicht nebeneinanderliegende Harzkanäle, bei denen jedoch keine lysigene Erweiterung stattgefunden hatte. Von den über den Wundrändern liegenden Punkten, wo die Kanäle noch gross und zahlreich waren, ging eine Reihe von Kanälen aus, die immer kleiner wurden und spärlicher auftraten. Im Ganzen waren die Kanäle über etwa $^3/_4$ des Stammumkreises vertheilt.

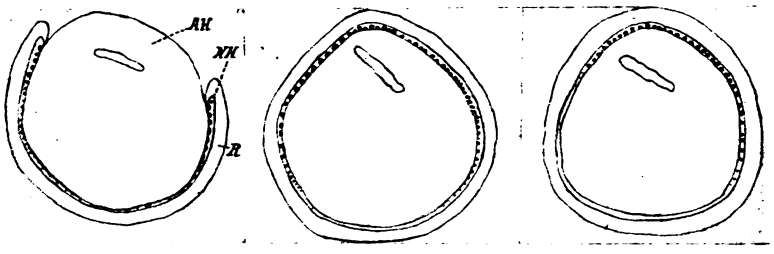


*Fig. 17.* *Fig. 18.* *Fig. 19.*

**Shorrea stenoptera. Vertheilung der Harzkanäle in verscheidenen Abständen von der Wunde: *Fig. 17* in der Mitte derselben, *Fig. 18* 1 cm. und *Fig. 19* 3,5 cm. unterhalb der Wunde. *AH.* = Altholz, *NH.* = pathologische Neuholz, *R.* = Rinde.**

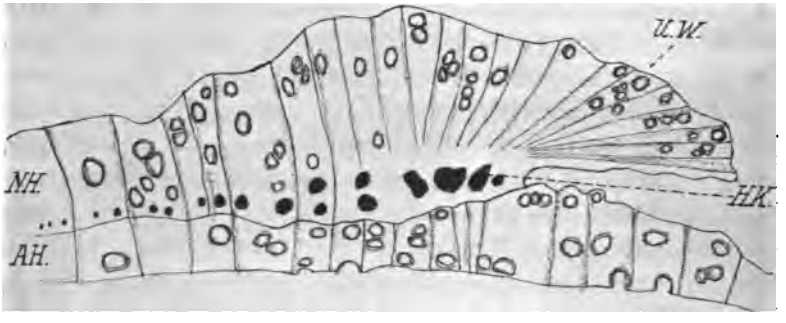


*Fig. 20.*

*Fig. 20.* **Shorrea stenoptera. Fensterwunde, Querschnitt am seitlichen Wundrand. *UW.* = Ueberwallungswulst, *HK.* = Harzkanäle, *NH.* = Neuholz, *AH.* = Altholz.**

Etwa 1 cm. oberhalb der Wunde war das Bild dasselbe nur mit der Ausnahme, dass der Kanalkreis beinahe geschlossen war. Auch hier traten die Kanäle in geringerer Zahl auf als in der Mitte der Wunde. Die grössten und am weitesten entwickelten Kanäle lagen gerade an der oberen Begrenzung der Wunde, wo sie einen ringsum geschlossenen Ring bildeten, der dieselben

Eigenthümlichkeiten darbot als weiter unten in der Wunde selbst. Der Harzaustritt über die Wundfläche war wie bei den anderen untersuchten Bäumen dadurch zustandegekommen, dass der Ueberwallungswulst nicht dicht dem blossgelegten Altholz anliegt, sondern einen engen Hof freilässt, in den die Harzkanäle des Neuholzes ausmünden. Eine Bildung von mehreren concentrischen Ringen von Harzkanälen oder Bruchtheilen von solchen, wie sie bei *Styrax* und *Liquidambar* auftraten, konnte ich nicht beobachten.

Auch unterhalb der Wunde trat das pathologische Parenchym auf und mit ihm die Harzkanäle. Etwa 1 cm. von der Wunde entfernt ging der Kanalkreis noch um etwa $^3/_4$ des Stammumkreises herum, aber schon ca. 3 cm. unterhalb der unteren Wundgrenze waren die Kanäle nur wenig ausserhalb der mit den seitlichen Begrenzungen der Wunde correspondierenden Punkten zu finden.

Wie schon erwähnt waren auch mitten an der Wundfläche selbst ein Paar Harztröpfchen ausgetreten. Die microscopische Untersuchung ergab, dass hier Verbindungskanäle zwischen den Blattspurkanälen und markständigen Balsamgängen angeschnitten worden waren. Dass diese Kanäle nichts mit dem reichen, von der Verletzung hervorgerufenen Harzfluss zu thun haben, lässt sich schon aus dem Umstand schliessen, dass sie ganz oder theilweise durch Thyllen verschlossen waren. Diese waren dadurch zustandegekommen, dass die secernierenden Zellen sich vergrössert hatten und zu langen, mehr oder weniger gebuchteten Schläuchen ausgewachsen waren. In sehr langen Zellen waren auch Theilungswände angelegt, und an vielen Stellen, wo zwei Schläuche sich aneinander schmiegten, kam eine Tüpfelung zustande.

Das blossgelegte Altholz und seine nächsten Umgebungen waren durch eine reichlich auftretende aber verschieden tief gehende Wundholzbildung ausgezeichnet. Die Gefässe waren alle — auch die engeren — durch Thyllen verstopft und die Wände der Parenchymzellen gelb—gelbbraun verfärbt. Auch in dem Neuholz traten — besonders in seinen inneren Theilen — Thyllen in den Gefässen auf. Wo das Altholz blossgelegt worden war, hatte eine reiche Invasion von Hyphomyceten stattgefunden, deren Mycel sich hauptsächlich durch die Markstrahlen verbreitert hatte und zum Theil die Zellen als grosse Knäuel ausfüllte.

Tangentiale Anastomosen unter den pathologischen Kanälen liessen sich nicht mit Sicherheit constatieren. Zum grössten Theil waren auch die Harzgänge so wenig entwickelt, speziell so wenig lysigen erweitert, dass solche Anastomosen auch nicht zu erwarten waren. Nur gerade über der Wunde wurden Bilder

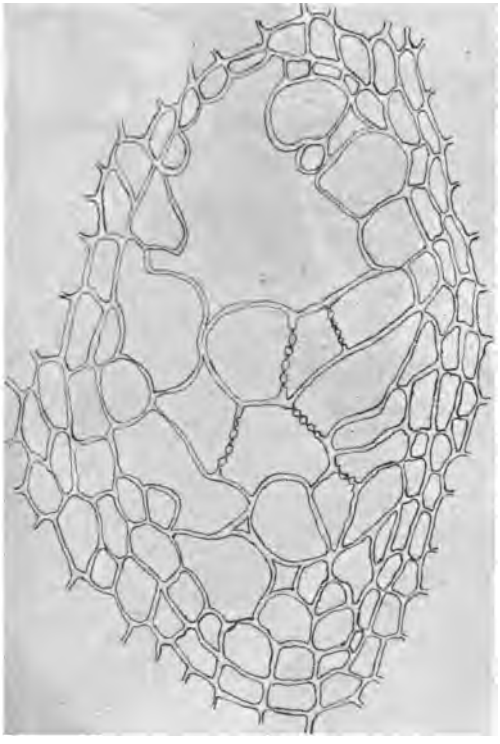

*Fig. 21.*

*Fig. 21.* Shorrea stenoptera. Harzkanal eines Blattspurstranges theilweise durch Thyllen verschlossen. Tangentiale Längsschnitt.

erhalten, die die Existenz solcher Verbindungen wahrscheinlich machten. An verschiedenen Stellen war das Gewebe zwischen zwei Markstrahlen, die als Trennungswände der Harzkanäle sich verhielten, aufgelöst und an dessen Stelle trat Harz auf. Ein regelmässig zusammenhängendes Netzwerk wie bei Liquidambar und Styrax konnte ich aber nicht nachweisen.

An einem zweiten Zweigstück war durch 3 einander schneidende Schnitte ein kleines Rindendreieck entfernt worden, so dass der Holzkörper blossgelegt worden war. Es war kein Harzaustritt zu bemerken und die ganze Wunde war von den Ueberwallungswulsten bedeckt. Die microscopische Untersuchung ergab, dass sich zuerst ein pathologisches Parenchym mit vielen Calciumoxalatdrusen gebildet hatte. Die Zellen hatten hauptsächlich behöfte Tüpfel zum Theil auch Netzleistenverdickungen, die Wände waren gelb—gelbbraun verfärbt, und ausser Oxalatdrusen trat Stärke in beträchtlicher Menge als Inhalt in den

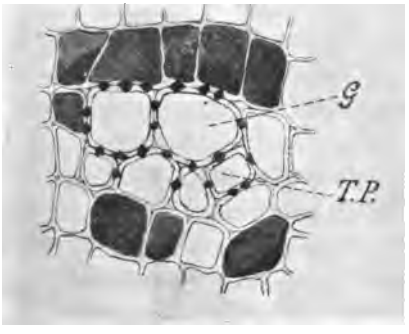


*Fig. 22.*

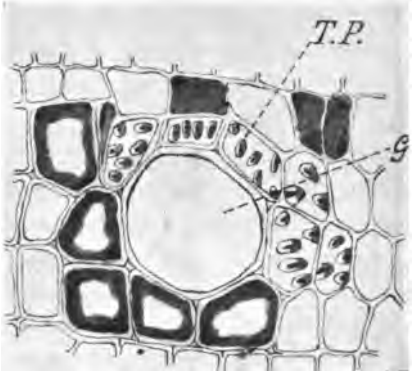


*Fig. 23.*

*Fig. 22 und 23.* Shorrea stenoptera.
Schwelwunde, Querschnitt aus dem äusseren Theile des Neuholzes. Gefässe und Gefässähnliche Tracheïden *(G.)* von Tracheïdalparenchym *(TP.)* umgeben.

Zellen auf. Weiter nach aussen ging dieses Gewebe in ein weniger pathologisches Xylem über, das hauptsächlich aus stark verdickten parenchymatischen Zellen, dem Libriform entsprechend, kurzen, englumigen, zu Gruppen vereinigten Gefässen und aus einreihigen Markstrahlen bestand. Auch weniger verdickte Bänder aus Holzparenchym traten auf. Die Gefässgruppen waren von Scheiden aus weniger verdickten tracheïdalparenchymatischen Zellen umgeben, deren Wände grosse, behöfte Tüpfel besassen und sich ziemlich stark von den anderen Gewebs-

elementen abhoben. Das libriformähnliche, aber dünnwandige Parenchym hatte linksschiefe, spaltenförmige, einfache Tüpfel und ging nach Aussen zu allmählich in ein normales Libriform über. Mit Phloroglucin und Salzsäure gaben die gelbgefärbten Membranen eine nur sehr schwache Färbung und hoben sich dadurch sehr deutlich von den Geweben des Altholzes und der äusseren Zone des Neuholzes ab.

Auch hier trat eine reichliche Thyllenbildung in den Gefässen des Altholzes auf. Die Wände der Thyllen waren dünn aber verholzt und reichlich mit einfachen Tüpfeln versehen.

Trotz einer sehr genauen Untersuchung waren keine Harzkanäle oder Harzgallen ähnliche Lücken zu entdecken.

Ein drittes, etwa 4 cm. dickes Zweigstück war durch Schwelen verwundet worden. In einer Ausdehnung von etwa 8 cm. war die Rinde an der der Flamme direct ausgesetzten Seite stark verkohlt, an den Seiten waren nur die äusseren Schichten verkohlt und an der Oberseite lag ein dünner Russüberzug. Wo der Zweig der Hitze ausgesetzt gewesen war, war er bedeutend dicker als ober- und unterhalb der Wunde und die Rinde war, besonders an der Unterseite durch grosse Längsrisse gespalten. Macroscopisch konnte kein Harzaustritt beobachtet werden.

Nach der Entfernung der verkohlten Rindenstücke liess sich leicht feststellen, dass das Cambium auf einer der Verkohlung entsprechenden Strecke abgestorben war. Von dem seitlich und an der abgekehrten Seite liegenden Cambium ausgehend hatten sich ziemlich grosse Ueberwallungswulste gebildet. Diese bestanden wie die pathologischen, neugebildeten Gewebe im Allgemeinen aus einem wohl entwickelten Tracheïdalparenchym mit denselben Elementen, die ich oben bei der Besprechung der Schnittwunde beschrieben habe. Die Ausdehnung dieses pathologischen Gewebes war oberhalb der Wundstelle eine viel grössere als unterhalb derselben. An dem Object konnte es in der ganzen Länge des Zweigstücks nach oben — ca. 4 cm. — in beinahe derselben Entwicklung verfolgt werden, während das nach der Verwundung gebildete Neuholz 2 cm. unterhalb der Wundgrenze sein normales Aussehen hatte.

Wo die Rinde nicht ganz abgetötet war, hatte sich ein je nach den Umständen verschieden tief liegendes Phellogen gebildet, durch welches die schon abgestorbenen Theile des Rinden-

gewebes abgeworfen wurden. Das Phellogen wurde in der primären Rinde, zwischen den Bastbündeln des Siebtheils, sogar nur einige wenigen Zellreihen ausserhalb des Cambiums gefunden.

Im Altholz war eine reichliche Schutzholzbildung durch Thyllen eingetreten.

Harzkanäle kamen wie bei der soeben besprochenen, kleineren Schnittwunde nicht vor.

Besonderes Interesse bot das geschwelte Stück dar durch seine vielen Uebergangsformen von parenchymatischen zu prosenchymatischen Zellen und seinen Reichthum aus Elementen mit behöfter Tüpfelung. Im normalen Zustande führen nur die Gefässwandungen und die an sie anstossenden Wände des Holzparenchym behöfte Tüpfel. In dem verwundeten Material und besonders reichlich in dem geschwelten Stück trat in den inneren Schichten des Neuholzes ein beinahe reines Tracheïdalparenchym auf, wo nur wenige Zellen Netzleistenverdickungen hatten. In den äusseren Schichten, wo die Zellen in mehr gestreckten Formen auftraten und eine Annäherung an den normalen Bau zu beobachten war, traten auch die anderen Elemente des Holzes auf, aber in parenchymatischer Ausbildung. Eigentliche Gefässe wurden zuerst ziemlich weit nach aussen gebildet und zwar durch Auflösen der Querwände tracheïdenähnlicher Zellen. Diese lagen in grösseren aus Tracheïdalparenchym bestehenden Zellzügen und zeichneten sich durch ihre dichtere Tüpfelung und ihre im Allgemeinen bedeutendere Grösse — Weite und Länge — aus. Noch weiter nach aussen wurden auch die Enden der Zellen mehr zugespitzt, ihre Lumina wurden enger und ihre Länge grösser. Die rein mechanischen Elemente, das libriformähnliche Parenchym, ging in der Weise allmählich in ein nahezu reines Libriform über. Die Zellen der tracheïdalparenchymatischen Gefässscheiden dagegen behielten zum grössten Theil ihre Form; nur vereinzelte Zellen, besonders in der Peripherie der Gefässscheide traten in solcher Ausbildung auf, dass sie Tracheïden genannt werden müssen.

Kurz zusammengefasst haben somit meine Untersuchungen bei Shorrea ergeben, dass eine grössere Verwundung, die einen nicht zu kleinen Theil des Holzkörpers blosslegt, eine Bildung von Harzkanälen veranlasst, die nichts mit den normal auftre-

tenden Balsamgängen zu thun hat. Kleinere Wunden, und solche, die den Holzkörper nicht blosslegen, bedingen keinen pathologischen Harzfluss. Der einzige Sitz der Harzbildung ist das nach der Verletzung rings um die Wunde gebildete tracheïdalparenchymatische Neuholz. Die Rinde spielt dabei keine Rolle.

---

## Toluifera Pereirae Baillon und T. Balsamum L.

Diese zwei Bäume, die den Peru- bezw. den Tolubalsam liefern, haben sich in allen Beziehungen so ähnlich verhalten, dass sie zu gleicher Zeit behandelt werden können. Die anatomischen Verhältnisse des Holzkörpers und der Rinde der zwei Arten stimmen genau überein, so dass es unmöglich ist, von einem Präparat mit Bestimmtheit zu sagen, ob es von dem einen oder dem anderen Baume herrührt. Ebenso haben sie sich als gleich wiederstandsfähig gegen die angestellten Verwundungsversuche erwiesen.

Den anatomischen Bau der zwei Arten haben schon *Trog* (94, pag. 96) und *Oberländer* (94, pag. 597) kurz beschrieben; der Vollständigkeit halber werde ich aber eine auf das Material von *Trog* und *Oberländer* gestützte, mehr umfassende Beschreibung der anatomischen Verhältnisse geben; betrachten wir somit zunächst Toluifera Balsamum L.

Ein Zweigstück von 0,5 mm. Dicke aus dem *Tschirch*'schen Herbar bot auf dem Querschnitt folgendes Bild dar:

Unter einem sehr dünnen, 3—4 Zellen dicken Epidermalkork lag die parenchymatische, primäre Rinde, deren Zellen ziemlich viel Stärke enthielten; in diesem Gewebe befanden sich ziemlich kleine, schizogene Balsambehälter in grosser Zahl; durch Behandlung mit Alkohol liess sich aus ihnen das farblose oder nur wenig gefärbte Harz entfernen, und eine grauweisse, stark vacuolige Masse blieb zurück; gegen die Peripherie des Kanals zu wurde ihre Konsistenz dichter. Nach ihren Verhalten den verschiedenen Reagentien gegenüber muss diese Substanz als die resinogene Schicht angesehen werden. Die Grenze zwischen der primären und der secundären Rinde wird von einem Bastring gebildet,

dessen Elemente, mit den Rindenstrahlen correspondierend, schon z. Th. auseinandergedrängt sind unter Einlagerung von Sclereïden; die Bildung eines gemischten Ringes ist somit eingetreten. Die schmale secundäre Rinde bestand aus Siebröhren mit Geleitzellen, Phloëmparenchym und Rindenstrahlen und war absolut kanalfrei. Der Holzkörper bestand hauptsächlich aus Libriform, von ziemlich breiten, in reichlicher Zahl auftretenden Parenchymbrücken unterbrochen, und verhältnismässig engen Gefässen. Ein sehr grosser Theil des Querschnittes wurde von dem aus ungefähr isodiametrischen Parenchymzellen gebildeten Markcylinder eingenommen. Sowohl dieser als der Holzkörper war frei von Secretbehältern.

Bei einem Zweigstück von der Dicke von einem mm. waren nur die von dem secundären Dickenwachstum hervorgerufenen Aenderungen eingetreten. Der Holzkörper und die secundäre Rinde hatten sich bedeutend verbreitert, die Bastfasern des gemischten Ringes waren weiter auseinandergedrängt und die Sclereïden traten somit in grösserer Zahl auf. In der primären Rinde hatten sich einige der Balsambehälter lysigen erweitert, und einige neue waren angelegt, so dass beinahe zwei vollständige Kreise gebildet worden waren. Die Kanäle des inneren Kreises correspondierten mit den Durchbruchsstellen des gemischten mechanischen Ringes.

Bei einem weiteren Schnitte durch ein etwa 1,5 mm. dickes Zweigstück war Borkebildung eingetreten, durch welche Theile der primären Rinde in Zerstörung begriffen waren. Die Phellogenschichten traten hauptsächlich innerhalb des äusseren Kanalkreises auf. Zu gleicher Zeit war der Gefässtheil bedeutend mächtiger geworden, die neu angelegten Gefässe waren weiter, und eine Kernholzbildung durch Gummiverschlüsse der leitenden Elemente war eingetreten.

Ein in vielen Beziehungen abweichendes Bild bot ein etwa 6 mm. dickes Zweigstück dar. Der grösste Theil der primären Rinde war durch die Borkebildung abgestossen und mit ihm die Balsamkanäle. Wo die primäre Rinde noch erhalten war, war die Aussenfläche des Korks glatt, längsstreifig, und mit weisslichen, quergestreckten Lenticellen besetzt; wo die Borkebildung schon eingetreten war, war die äussere Fläche rauh und von zahlreichen Lenticellen bedeckt. In der secundären Rinde waren

durch Sclerotisierung der Zellen zahlreiche Sclereïdennester gebildet worden, die über das ganze Gewebe zerstreut waren. Das Phloëmparenchym bildete radiale Reihen, seine Zellen waren mit kleinen Stärkekörnern angefüllt, und Kalkoxalatkrystalle traten häufig auf. Die Markstrahlen waren ein- oder mehrreihig. In dem Holzkörper waren keine Aenderungen eingetreten.

Diesen Bau behalten jetzt Rinde und Holzkörper. Bisweilen setzt aber die Borkebildung zuerst in einem späteren Stadium des Dickenwachsthums ein; an einem Stück von etwa 4 cm. Durchmesser habe ich z. B. noch die intacte primäre Rinde sehen können.

Das Blatt von Toluifera Balsamum L. (Herbarmaterial) ist unpaarig gefiedert, im Allgemeinen drei-jochig und eiförmig-oblong. Die Blättchen erreichen eine Länge von 5—10 cm., eine Breite von 3—5 cm., sind lederartig, beiderseits kahl und werden von vielen, kräftigen Nerven durchzogen. Auf dem Querschnitt sieht man unter der starken Epidermis eine 2-reihige Palissadenschicht, die durch ausgesprochene Sammelzellen in das etwa 8-reihige Schwammparenchym übergeben. Die Epidermis ist an beiden Seiten mehrzellig, an der Oberseite aber kräftiger entwickelt als an der Unterseite. Die grossen, schizogenen Balsambehälter von elliptischem Umfange liegen ausschliesslich an der Grenze zwischen Palissadengewebe und Schwammparenchym. Der Hauptnerv führt ein grosses, strahlig gebautes, herzförmiges, collaterales Bündel; die Gefässe sind in Radialreihen angeordnet, die durch zarte, einreihige Markstrahlen getrennt sind. Das Cambium ist undeutlich. Der Siebtheil ist mit zarten Markstrahlen durchsetzt und das Ganze ist von einem Bastfaserring umgeben. Die Secretbehälter begleiten in einer Zahl von 6—8 dem Hauptnerv und liegen an der Unterseite des Blättchens. Die Blattspindel ist wie ein junger Zweig gebaut, nur mit der Ausnahme, dass in der Rindenschicht die Blattspurstränge der Blättchen verlaufen.

Auch in den Früchten von Toluifera Pereirae Baillon finden sich schizogene Kanäle, deren Inhalt den seltenen weissen Perubalsam, Balsamo blanco bildet. (*Flückiger* 91, pag. 137, 145; cfr. auch *Tschirch* 00, pag. 165, 367, und *Germann* 96, pag. 3 seq.).

Unsere Untersuchungen haben somit ergeben, dass bei den zwei Bäumen im normalen Zustande weder in dem Holzkörper

noch in der Rinde Kanäle vorkommen, jedenfalls nicht bei erwachsenen Exemplaren. In ihren Arbeiten haben auch *Trog* und *Oberländer* auf chemischem Wege feststellen können, dass die Rinden der zwei Bäume keine Körper enthalten, die sich in den Balsamproducten des Handels finden. Sie zogen somit den Schluss, dass die Balsame pathologische Producte sein mussten.

Nach dem von *Flückiger* (91, pag. 147) citierten *John Weir* wird der Tolubalsam durch Einschnitte gewonnen. Diese werden zu mehreren in der Form eines V an den Stamm angebracht, und der herausfliessende Balsam in Kürbisfrüchten aufgefangen. Nach *Preuss* (90, pag. 311 seq.) wird der Perubalsam durch Entfernen von Rindenstücken, Anschwelen und Vergrösserung der Wunde durch weiteres Entfernen grösserer Stücke der Rinde gewonnen. Es war somit zu erwarten, dass die angebrachten Verwundungen, die bei Styrax, Canarium und Shorea einen reichlichen Harzfluss erzeugt hatten, auch einen ähnlichen Einfluss auf die zwei Toluifera-Arten ausüben würde. Die Untersuchungen des verwundeten Materials gaben aber nur negative Resultate.

Zweigstücke von 4—6—8 cm. Durchmesser, von denen ein Rindenstreifen von etwa 4 cm. Breite durch Ringelung entfernt worden war, boten kaum einen Unterschied von einem unverletzten Stück dar. Oberhalb und unterhalb der Wundstelle sass noch die alte Rinde an. Die Wundstelle selbst war mit einer neuen Rinde, die sich äusserlich nur durch ein beschränktes Auftreten von Lenticellen von der alten unterschied, bedeckt. Von einem Harzaustritt war nichts zu sehen.

Die microscopische Untersuchung ergab, dass sich keine Harzbehälter gebildet hatten. Ober- und unterhalb der Wundstellen hatten die Rinde und der Holzkörper ihr normales Aussehen behalten. In den Wunden selbst hatte sich ein weitzelliges Holzgewebe gebildet, das sich nur durch die dünneren Wände von dem normalen Holze unterschied. Die Gefässe des Altholzes waren bei beiden Arten in den äusseren Schichten durch ein dunkles Gummi verstopft; Thyllen wurden nicht beobachtet. Die Wände des Libriforms und z. Th. auch des Holzparenchyms waren bis zu einer verschiedenen Tiefe mit einem rothen Farbstoffe imprägniert. Die Rinde, die die Wundstellen bedeckte, war aus einem Gewebe gebaut, das besonders durch

die schwache Entwicklung der mechanischen Elemente auffiel. Die in der normalen Rinde so zahlreich auftretenden Bastbündel und Sclereïdennester traten zwar in derselben Anordnung auf, d. h. in tangentialen Reihen mit dem Phloëmparenchym und den Siebröhren abwechselnd, ihre Zahl und ihre Grösse waren aber bedeutend kleiner. Das Parenchym war, besonders in den inneren Schichten, aus ziemlich grossen, stark turgescenten Zellen zusammengesetzt, die ebensowenig als die Siebröhren zur Obliteration neigten, während dies in der gesunden Rinde der Fall war. Die Siebröhren waren sehr weitlumig, von einem Ring von Geleitzellen umgeben und machten bei dem ersten Anblick beinahe den Eindruck von jungen, schizogenen Kanälen. Sie waren aber verhältnissmässig kurz, so dass man an dickeren Stellen der Schnitte die horizontalen Siebplatten sehr leicht erkennen konnte; auch an Längsschnitten wurden sie als Siebröhren identificiert. Von Harzkanälen war keine Spur zu sehen, selbst bei der genauesten Beobachtung, und ebensowenig von Harzzellen, nach deren characteristischen Kennzeichen (verkorkte Membran und resinogene Schicht, cfr. *Tschirch* 1893, pag. 377; 94, pag. 4 etc. *Tschirch* und *Oesterle* 1900, z. B. pag. 81) auch mit Reagentien gesucht wurde.

Auch bei tiefer gebenden Wunden, z. B. bei einer solchen, wo zwei sich kreuzende Ausschnitte angebracht worden waren, die etwa 1,5 mm. in das Altholz eingedrungen waren, war keine Bildung von Harzkanälen zu beobachten. Es hatten sich kaum Ueberwallungswulste gebildet, so dass die ganze Wunde vollständig ungeschützt und entblösst den äusseren Einwirkungen offen lag. Es hatte denn auch eine ziemlich reichliche Invasion von Hyphomyceten stattgefunden, die es aber nicht zur Sporenbildung gebracht hatten. Die Gefässe waren in der nächsten Nähe der Wunden durch Gummi ausgefüllt.

Nur bei einem einzigen Stück (von Toluifera Pereirae) konnten Erscheinungen beobachtet werden, die vielleicht mit einem pathologischen Harzflusse im Zusammenhange stehen. An dem Stück war eine schräg verlaufende Kerbwunde angebracht worden. Bei genauer Untersuchung liess sich aber auch constatieren, dass etwa 1 cm. oberhalb der künstlichen Verletzung früher ein Astbruch stattgefunden hatte. Diese Wunde war zwar völlig vernarbt, war aber durch die Imprägnation der Wände des Alt-

holzes mit dem oben erwähnten rothen Farbstoffe auch macroscopisch leicht zu erkennen. An der Grenze zwischen dem Altholze und dem nach dem Astbruch gebildeten Neuholze kamen vereinzelte Lücken in dem Tracheïdalparenchym vor. Diese wie auch die Zell-Lumina des Parenchyms waren mit einem beinahe homogenen, leuchtend hellbraunen Inhalt versehen, der sich in Chloralhydratlösung (80 %) nicht löste und auch gegen andere Reagentien sich passiv verhielt.

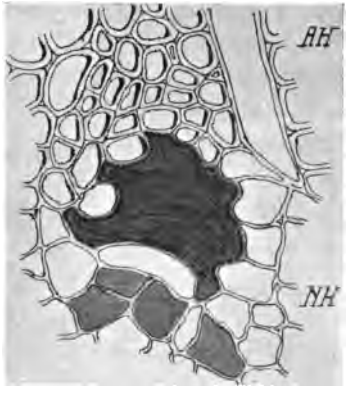


*Fig. 24.*

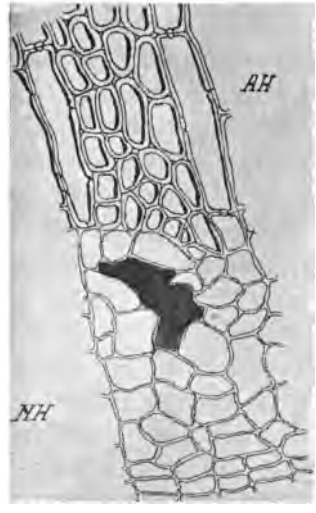


*Fig. 25.*

*Fig. 24 und 25.* Toluifera Pereirae: Lücken an der Grenze zwischen Altholz *(AH.)* und pathologischem Neuholze *(NH.)*.

Die Lücken waren von unregelmässigem Umriss, befanden sich zwischen zwei Markstrahlen und waren von zum grössten Theil intacten Zellen umgeben. Diese bildeten keinen regelmässigen Belag von secernierenden Zellen wie bei den sonst auftretenden pathologischen Harzkanälen, auch entbehrte die Lücke einer deutlich ausgeprägten resinogenen Schicht. Die Wände der auskleidenden Zellen waren gegen die Lücken zu braun verfärbt, und an einzelnen Stellen waren sie scheinbar in Auflösung begriffen, indem nur die innere Contur deutlich erkennbar war. Wo dies der Fall war, lag eine dunklere, dichtere Zone der

Wand direct an; diese Schicht schien aus der Wand hervorgegangen zu sein.

Trotz einer sehr genauen Untersuchung liessen sich an dem ganzen Stück nur einige wenige von diesen Lücken entdecken, und leider auch nur in ziemlich weit fortgeschrittenen Entwicklungsstadien, so dass auf eine Ermittelung der Genese dieser Gebilde verzichtet werden musste, wie auch auf eine Verfolgung ihres späteren Schicksals.

Leider stand mir kein geschweltes Material zur Verfügung. Ob übrigens eine Schwelung ein besseres Resultat hätte hervorrufen können, ist fraglich. *Preuss* (00, pag. 312) hat nämlich viele Bäume von Toluifera Pereirae gesehen (in Guatemala, bei der Stadt San Salvador, in dem botanischen Garten von Jamaica) die rein mechanische Wunden hatten und doch Balsam lieferten. «In allen Fällen floss aus den Wunden continuirlich eine geringe Menge Balsam heraus.»

Aus der Beschreibung der Gewinnung, die *Preuss* giebt, lässt sich nur wenig bestimmtes über die Betheiligung der Gewebearten an dem Harzfluss schliessen; selbst glaubt er, dass das Product nur von der Rinde stammt (00, pag. 314) während die Arbeiter und auch andere Leute, die die Sache kennen, eine Betheiligung des Holzes für nicht ausgeschlossen halten. Die Gewinnung geht folgendermassen vor sich: Etwa 20—30 cm. oberhalb der Erde wird die Rinde weichgeklopft und die braune Aussenrinde entfernt. Schon nach dieser leichten Verletzung tritt eine kleine Menge Balsam aus, die mit einem Lappen aufgesaugt wird. Nach einigen Tagen wird die Wundstelle während etwa 5 Minuten geschwelt, und nach etwa 8 Tagen kommt ein reichlicher Harzaustritt. Wenn dieser nachgelassen hat, werden die gebrannten Stellen ausgekratzt, einige Schnitt- und Hiebwunden an dem blossgelegten Holz angebracht und die Wunde nach oben vergrössert. Jetzt tritt aber auch aus dem verwundeten Holze Balsam heraus, und der aufsaugende Lappen wird über diesen Theil der Wunde gelegt. Diese Erscheinung erklärt *Preuss* dadurch, dass der von der Rinde ausgeschiedene Balsam den äusseren Theil des Holzkörpers imbibiert und dann langsam hinunterfliesst. Eine solche Annahme scheint wenig zutreffend zu sein, erstens weil die mit Wasser durchtränkten Wände des Holzkörpers beinahe undurchdringlich sein müssen für den in

Wasser unlöslichen Perubalsam, und dann werden, jedenfalls an dem von mir untersuchten Material, sehr bald die Gefässe von Gummi verschlossen, wodurch auch dieser Weg für den Balsam gesperrt wird.

---

## Liquidambar styraciflua L. und L. orientalis Mill.

Wie schon einleitungsweise erwähnt, bezogen die ersten Untersuchungen über pathologischen Harzfluss bei Angiospermen sich auf diese zwei Pflanzen; schon frühzeitig wurde nachgewiesen, dass die zwei Bäume, von denen der eine in den östlichen Theilen der Mittelmeerländer vorkommen, im Stamm nur markständige Harzkanäle führen. Wie dann die Rinde einen Balsam liefern konnte — was man nach den damals bekannten Angaben über die Gewinnung des Storaxbalsams annehmen musste, — war den Pharmacognosten unverständlich, bis *Unger* mit Bestimmtheit glaubte nachgewiesen zu haben, dass der Balsam durch chemische Metamorphose des Rindengewebes entstünde (*Wiesner* 73, pag. 138); früher (1857) hatte *Hanbury* gezeigt, dass der Storaxbalsam von L. orientalis herstammt. Die Untersuchungen *Ungers* waren in Wien an Cortex Thymiamatis und grösseren Rindenstücken gemacht worden; dasselbe Material wurde 1894 von *Moeller* nochmals untersucht, aber die Frage wurde erst gelöst, nachdem dieser aus *Montpellier* durch *Planchon* und aus Mississippi (U. S. A.) durch *C. Mohr* verwundetes Material bekommen hatte. Das Material war auf seiner Veranlassung in verschiedener Weise verwundet worden, hauptsächlich nach den Methoden, die in Klein-Asien bei der Gewinnung des Storaxbalsams und in den Vereinigten Staten zur Gewinnung des «Sweet gum» verwendet werden.

In seiner Arbeit über Liquidambar und Storax theilt *Moeller* (96, pag. 21 u. 113) zuerst einige Resultate mit, zu denen er durch eine Untersuchung der Droge Cortex Thymiamitis gekommen ist. Die Droge besteht aus den Pressrückstanden, die man bei der Storaxgewinnung erhält, indem man die den verwundeten Bäumen entnommenen mit Balsam imprägnierten Holz- und

Rindenspähne nach dem Kochen mit Wasser auspresst. Pag. 25 bildet er einen Holzkanal ab und einen verharzenden Markstrahl; das Zerreisen des Markstrahlgewebes wird theilweise auf die Verharzung, theilweise auf die bei der Herstellung der Droge angewandte Pressung zurückgeführt. Pag. 27 werden zwei Abbildungen gegeben, die in Verharzung begriffene Markstrahlen darstellen; den Figuren wird folgende Erklärung beigefügt (p. 29):

«An tangentialen Längsschnitten findet man Markstrahlen, deren Zellen zum Theil oder ganz ausgefallen sind, und man kann verfolgen, wie es dazu gekommen ist. Die ursprünglich stark verdickten Zellmembranen werden allmählich dünner und schrumpfen zu ganz zarten, dunkelbraunen Häutchen, die endlich zerreissen. Unter Kalilauge überzeugt man sich bei starker Vergrösserung, dass diese Häutchen die Primordialmembranen sind. Einmal sind es die mittelständigen, das andere Mal die randständigen Zellen der breiteren Markstrahlen welche zunächst von diesem Schwund befallen werden, während das umgebende Holzgewebe noch unversehrt erscheint.»

Nach einer längeren, sehr detaillierten Beschreibung der Anatomie der zwei Liquidambar-Arten, aus der ich nur die Thatsache hervorhebe, dass der Stamm überhaupt nur markständige, schizogene Balsambehälter führt, sonst keine, geht er zur Behandlung des verwundeten Materials über; zunächst behandelt er Liquidambar orientalis. «Die Verletzungen waren in den verschiedensten Weisen ausgeführt, indem die Zweige der Länge oder Quere nach oder spiralig eingeschnitten, oder mit einem Hammer mehr oder weniger energisch bis zur Abschälung der Rinde geklopft worden waren. Die Zweigstücke «zeigten unterhalb der Wunde eine bräunliche Verfärbung des Holzes, die bei stärkerer, mit dem Hammer beigebrachter Verwundung — ich will sie Quetschwunde nennen — bis zum Marke reichen kann. Am Rande dieses Kreisausschnittes, der Peripherie annähernd parallel und durchschnittlich 0,5 mm. vom Cambium entfernt liegen im Holze unregelmässig rundliche Lücken mit einem klaren, farblosen stark lichtbrechenden Inhalt in Tropfenform. Die kleinsten Lücken sind nicht grösser als die Gefässlumina (etwa 0,04 mm.); neben ihnen kommen doppelt so gross vor, und es fällt auf, dass sie häufig die ganze Breite des Holzstrahles einnehmen, so dass die Markstrahlen Scheidewände zwischen

den dicht gedrängten Lücken darstellen (Fig. 14 u. 18). Wo sich unter den Hammerschlägen die Rinde loslöste und das Cambium getötet wurde, bildeten sich innerhalb dieses Theiles die Lücken nicht» (pag. 119).

«Von welchem zelligen Element die Lückenbildung ihren Ausgang nimmt, konnte ich nicht ergründen; dass aber alsbald alle Elemente des Holzes der Zerstörung anheimfallen und spurlos verschwinden unterliegt keinem Zweifel; am längsten wiederstehen die Markstrahlen, aber auch diese werden schliesslich consumiert. Abgesehen von den die Lücken unmittelbar begrenzenden Zellen, welche mehr oder weniger corrodiert sind, erscheint das Gewebe des Holzes innerhalb und ausserhalb der Lückenreihe vollständig unversehrt» (pag. 120).

«Ich suchte begreiflicherweise nach dem Wege, den der Inhalt der Lücken nach aussen nimmt; ich fand ihn nicht. Die jüngsten Holzschichten waren ebenso wie die Innenrinde frei von Balsam.»

An einem Stück waren im Holze schon drei Reihen Balsamlücken entstanden; die Lücken, die dem Cambium am nächsten liegen, sind wahrscheinlich später angelegt worden, da sie in ihrer Entwicklung nicht so weit fortgeschritten waren als die inneren.

«Bilder wie Fig. 15 und 16 lassen keinen Zweifel darüber, dass die Balsamgänge schizogen (intercellular) angelegt werden und erst später lysigen sich erweitern. Ihre Entstehung im jüngsten Cambiumzustand lässt sich ziemlich gut verfolgen. Unter dem Einfluss der Verwundung wird mehr Holzparenchym gebildet als sonst, und in diesem bilden sich in typischer Weise die intercellularen Secretgänge» (pag. 121).

«Die Proben von Liquidambar styraciflua aus dem Staate Mississippi waren den Stämmen an den Stellen entnommen, wo diese zum Zwecke der Balsamgewinnung mit der Axt ringsum angehauen («gegürtelt») worden waren. Hier zeigte sich zwischen Rinde und Holz herausgeflossener Balsam in geringer Menge. Er war zu einer weisslichen Masse erstarrt, die sich mit dem Fingernagel noch leicht eindrücken lässt. An den radialen Spaltflächen kann man den Balsam in der Gegend des Cambiums als eine harzig glänzende Linie etwa 10 cm. hoch verfolgen. Die Aussenfläche der Borke ist frei von Balsam; nur bei genauerer Unter-



Trykt 16. Marts 1905.

suchung findet man Spuren desselben in einigen Klüften der zerrissenen Borke. Die etwa 20 cm. oberhalb der Axthiebe abgesägten Stücke zeigen an der Sägefläche keinen Balsam» (pag. 122).

«Querschuitte durch Holz und Rinde knapp an der Wunde zeigen uuter dem Microscope den jüngsten centripetalen Zuwachs aus dem Cambium scharf abgegrenzt von dem vorjährigeu Holze. Das junge Holz hat seine Elemente noch nicht völlig ausgebildet und könnte auf den ersten Blick für die junge Rinde gehalten werden, wenn in ihm nicht doch schon Gefässe erkennbar wären. Unmittelbar an das vorjährige Holz stösst eine Reihe der oben schon beschriebenen Balsamlücken und es folgen deren nach aussen noch zwei weitere Reihen. Bei einer Schichtenbreite von 0,9 mm. entfallen auf die drei Lücken etwa 0,4 mm. Eine Communication der Lücken unter einander habe ich weder an Querschnitten noch an tangentialen oder an radialen Längsschnitten mit Sicherheit beobachten können, doch machen einige Bilder sie in tangentialer Richtung wahrscheinlich» (pag. 123).

Die Resultate seiner Untersuchungen fasst *Moeller* (pag. 125) folgendermassen zusammen:

«Weder in der Borke noch in der Rinde bildet sich Balsam, sondern einzig und allein im jungen Holze. Hier entstehen in Folge von Verletzungen zunächst intercellulure, später lysigene Balsamgänge, die quer angeschnitten werden müssen, wenn sie ihren Inhalt entleeren sollen. In den Markstrahlen entsteht primär kein Balsam, doch können die Markstrahlen secundär in die Balsambildung einbezogen werden.»

Es schien mir von Interesse zu sein, einige von *Moeller* nicht behandelte oder nicht beantwortete Fragen der Untersuchung zu unterwerfen, und ich habe deshalb an einem Theil des von *Moeller* benutzten Materials genauere Beobachtungen angestellt und meine Aufmerksamkeit hauptsächlich auf folgende Punkte gelenkt:

*Wie entstehen und erweitern sich die Kanäle?*
*Wie ergiesst sich der Balsam über die Wundfläche, und*
*Stehen die Kanäle in Communication unter einander?*

Für meine Untersuchung lagen mir von L. styraciflua zwei grössere Stücke vor, die von dem verwundeten Stamm in der nächsten Nähe der «Gürtelung» losgelöst waren. Sie hatten ein etwa 5 mm. dickes Periderm und eine beinahe ebenso dicke

zimmtbraune Rinde. Die Risse und Sprünge der Borke waren z. Th. mit einer weisslichen Harzmasse ausgefüllt, die sich von dem Fingernagel eindrücken liess. Von L. orientalis stand zu meiner Verfügung ein etwa 20 cm. langes, 4 cm. in Durchmesser messendes Aststück mit einer $4 \times 3$ cm. messenden Fensterwunde. Am oberen Rande der Wunde hatte sich ein Ueberwallungswulst gebildet, an den Seiten waren solche kaum zu sehen. Unterhalb des Wulstes konnten Spuren einer klebrigen, nach Storax riechenden Masse gesehen werden. Das Material war seiner Zeit von Prof. *Moeller* an Prof. *Tschirch* zur Untersuchung gesandt worden.

Zuerst wurde L. styraciflua untersucht, lediglich aus Bequemlichkeitsrücksichten, indem die Verhältnisse hier viel deutlicher an den Tag traten als bei L. orientalis.

Mit der Lupe liessen sich an beiden Enden der Proben deutlich Harzkanäle beobachten; in der Nähe der Wunde lagen sie in dem Neuholze in drei concentrischen Reihen, am entgegengesetzten Ende war nur eine solche vorhanden, und sie lag ein wenig weiter vom Altholz entfernt als die innerste der drei unteren Reihen. An geeigneten Stellen liess sich die Entstehung wie auch die Erweiterung der Kanäle sehr leicht verfolgen. Nach der Verwundung bildet das Cambium 3—5 Reihen eines parenchymatischen Gewebes, in welchem die Kanäle schizogen entstehen. Etwa 20 cm. von der Wundstelle entfernt hatte das Gewebe einen nur wenig pathologischen Character, indem die Tracheïden nur wenig kürzer als sonst und ihre Wände nur unbedeutend weniger verdickt waren. Die behöften Tüpfel waren aber im Gegensatz zu denjenigen des normalen Holzes nur undeutlich entwickelt; näher gegen die Wunde zu änderten sich diese Verhältnisse nur unbedeutend. Von dem parenchymatischen Gewebe werden nur 3—5 Zellreihen angelegt, eben genug zur Bildung der Kanäle.

Diese waren alle von einem klaren, stark lichtbrechenden Harz erfüllt, das sich vollständig in Alkohol löste; zuerst wurde eine körnige Grundmasse gelöst, wodurch kleine, schwerer lösliche Tröpfchen zum Vorschein kamen. Nach der Entfernung dieser lag in den nicht zu weit entwickelten Kanälen eine vacuolenreiche graue Masse an den Wänden des Kanals an, die ohne eigentlich gelöst zu werden vom Alkohol fortgeschwemmt wurde. Nach sehr vorsichtiger Auslösung des Harzes blieb sie erhalten,

und einige angestellte Reactionen identificierten die Masse als eine resinogene Schicht; so wurde sie von Alkannatinktur (*Bécheraz* 93, pag. 10) nicht gefärbt, Jod-Jodkali färbte nicht, brachte nur den Schleim zum Quellen (*Waliczek* 93, pag. 224), mit Alkohol zog sich die Masse zusammen um nach Zusatz von Wasser, Chloralhydratlösung oder Kalilauge wieder zu quellen. Nach der Entfernung dieser resinogenen Schicht umgab das secernierende Epithel den Kanal als eine deutlich zu unterscheidende Zellschicht.

Die Wände dieser auskleidenden Zellen waren sehr dünn, auch da, wo sie an das umgebende Gewebe stiessen; die Zellen führten alle einen protoplasmatischen Inhalt von vacuoliger Structur, ein Umstand, der doch nicht ein Zusammenfallen der Zellen verhindern konnte. Auch nicht nach Wasseraufnahme oder durch Quellen in Chloralhydratlösung wurden die Zellen turgescent. An den Wänden der grösseren Kanäle lagen in vielen Fällen Zellen an, die in der Mitte eine sehr grosse Vacuole hatten, während das wandständige Plasma von ganz kleinen solchen Vacuolen durchsetzt war. Diese Zellen ragten ziemlich frei in das Lumen des Kanals hinein und standen mit dem hinter ihnen liegenden Gewebe nur in einer sehr losen Verbindung; oft waren sie an drei Seiten ganz frei, und mit der vierten Wand hingen sie nur theilweise mit dem übrigen Gewebe zusammen.

Aehnliche Bilder beschreibt *Sieck* bei den Anacardiaceen; nach ihm erfolgt die lysigene Erweiterung der Gummiharzkanäle dieser Familie durch Verschleimen der Zwischenzellwandungen und darauf folgende Abstossung (*Sieck* 95, pag. 43). Bei Liquidambar spielt sich ein ähnlicher Process ab; die Vergrösserung der Vacuolen in den Zellen des secernierenden Epithels deutet aber darauf hin, dass diese ihren Inhalt zum grössten Theil wenn nicht vollständig in die resinogene Schicht entleeren, wo er auf Harz verarbeitet wird. Erst nach einer mehr oder weniger vollständigen Erschöpfung der Zelle löst sie sich von dem benachbarten Gewebe ab unter Verschleimung der Zwischenzellwand um zuletzt vollständig in Harz überzugeben.

Diese Annahme, dass die Zellen zuerst ihren Inhalt in die resinogene Schicht entleeren, wird durch das Verhalten der Markstrahlen bei der Verharzung gestützt. *Moeller* macht an den oben citierten Stellen darauf aufmerksam, dass die Kanäle ursprüng-

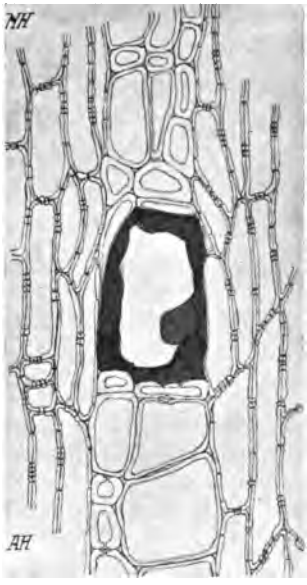


*Fig. 26.*

*Fig. 28.*

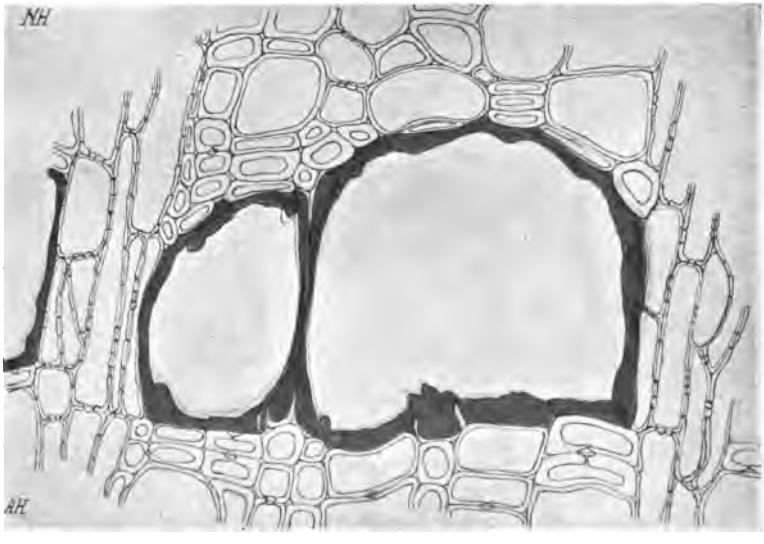


*Fig. 27.*

*Fig. 26, 27 und 28.* Liquidambar styraciflua: Successive Stadien der lysigenen Erweiterung der Kanäle. *AH.* = Altholz, *NH.* = pathologisches Neuholz. Querschnitte.

lich den ganzen Zwischenraum zwischen den Markstrahlen ausfüllen, so dass diese als Scheidenwände die Kanäle von einander trennen. Bei der Erweiterung der Kanäle werden aber auch die Markstrahlen in Mitleidenschaft gezogen und zwar folgendermassen. An den Stellen, wo sie ein—zweireihig sind, d. h. an dem oberen oder unteren Ende, wo sie sich zwischen das übrige Gewebe des Holzes einkeilen, bekommt auch der Inhalt ihrer Zellen die vacuolige Structur, die ich eben für die den Kanal auskleidenden Zellen des pathologischen Parenchyms beschrieben habe. Zu gleicher Zeit werden die Wände der Zellen dünner, die Verdickungsschichten werden aufgelöst und durch den Druck des in dem Kanal enthaltenen Harzes erleiden die Wände eine Krümmung ohne zu platzen. Allmählich wird das Lumen der Zelle enger, in vielen Fällen concentriert sich der Inhalt an den

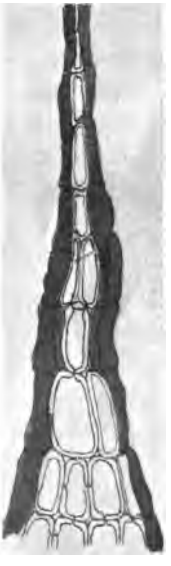

*Fig. 29.*

*Fig. 30.*

*Fig. 29 und 30.* Liquidambar styraciflua: Auflösungsstadien der Markstrahlen. Tangentialen Längsschnitten.

Stellen, wo das Lumen am weitesten ist, d. h. an den Enden der Zellen, und zuletzt wird die ganze Markstrahlzelle in der Mitte zu einem dünnen Faden ausgezogen, wo die Wände nicht mehr unterscheidbar sind. Endlich werden auch diese dünnen Wand-

reste gelöst, die ganze Röhre so zu sagen abgeschmolzen, und die Reste der Zellen ragen als spitze Zapfen von den beiden entgegengesetzten Seiten des Kanals in diesen hinein.

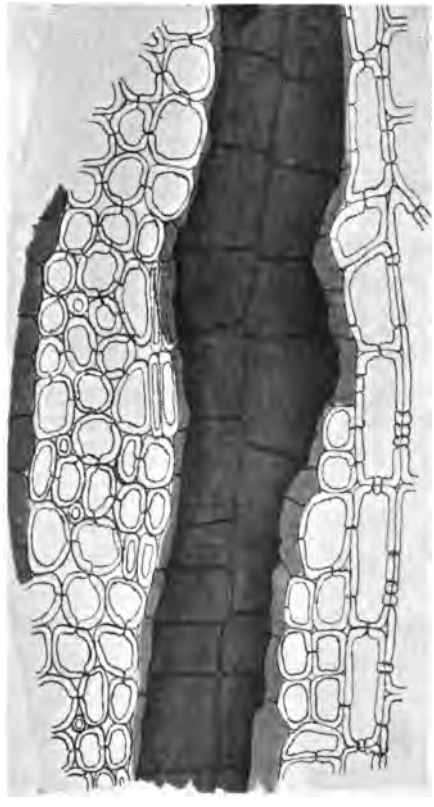

*Fig. 31.*

*Fig. 31.* Liquidambar styraciflua: Tangentiale Längsschnitt durch einen zwischen zwei Markstrahlen liegenden Harzkanal; die Markstrahlen sind z. Th. in Auflösung begriffen.

Auch an tangentialen Längsschnitten liess sich dieser Process verfolgen; es erwiess sich auch, dass diese Auflösung der Markstrahlzellen nicht nur an den Spitzen des Strahls einsetzen kann, sondern auch an den Seiten, wo sie breiter sind. Die Erscheinungen sind dieselben, wenn der Angriff an der Seite des Markstrahls erfolgt. Die Zellen bekommen einen vacuoligen Inhalt, werden abgeplattet, und die Wände, besonders die gegen

den Kanal zugekehrten, werden dünner. Wo zwei Kanäle durch eine dünne Schicht Parenchym getrennt sind, wie es oft der Fall sein kann, wo zwei übereinanderstehende Markstrahlen mit ihren Enden beinahe aneinanderstossen, treten auch dieselben Erscheinungen auf.

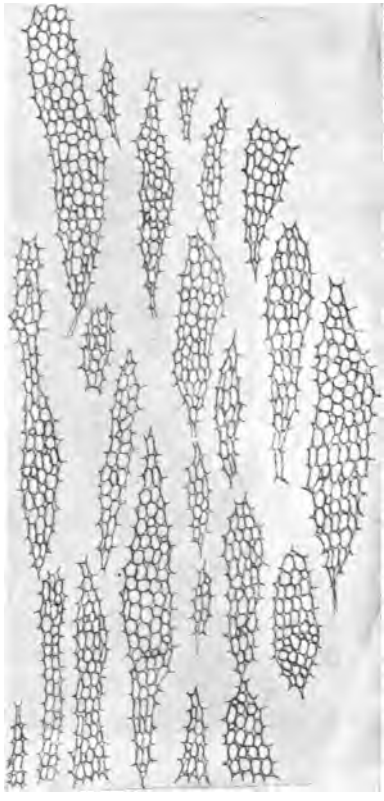

*Fig. 32.*

*Fig. 32.* Liquidambar styraciflua: Tangentialer Längsschnitt durch die kanalführende Zone des Neuholzes.

An der Hand von solchen tangentialen Schnitten, die die kanalführende Zone getroffen hatten, liess sich auch leicht die von *Moeller* (96, pag. 123) als fraglich hingestelte Communication zwischen den Lücken nachweisen. Bei schwacher Vergrösserung bot das Netz der Kanäle genau dasselbe Bild dar als die ande-

ren von mir untersuchten Kanalanastomosen. Bei stärkerer Vergrösserung liess sich an geeigneten Stellen leicht constatieren, dass die Kanäle in ihrem ganzen Verlauf von den eben besprochenen protoplasmaführenden Zellen ausgekleidet waren.

Die dritte Frage, die in der Arbeit von *Moeller* noch unbeantwortet ist, diejenige nämlich, wie sich das Harz über die Wundfläche und in und auf die Rinde, bezw. die Borke ergiesst, war z. Th. schwieriger zu lösen. Durch den Umstand, dass die Risse der Borke von L. styraciflua stellenweise von Harzmassen ausgefüllt waren, bin ich auf den Gedanken geführt worden, dass die Markstrahlen des Neuholzes und der Rinde hier eine ähnliche Rolle spielen sollten, wie bei Styrax Benzoïn. Diesbezügliche Untersuchungen an dem verwundeten Material ergaben aber ein negatives Resultat. Es zeigte sich vielmehr, dass die Communication mit der Aussenwelt an den untersuchten Stellen dadurch zustandegekommen war, dass in der Borke vorhandene Risse aus irgend einer Ursache sich nach innen zu vergrössert hatten und dann stellenweise bis an die Kanäle gelangt waren.

Anderseits sprechen die von *Moeller* mitgetheilten Zeichnungen von tangentialen Schnitten durch aus der Droge ausgelesene Holzspähne sehr für eine Verbindung der Kanäle mit den peripheren Theilen des Stammes. Bei Styrax Benzoïn treten solche Verbindungen nur in einem verhältnissmässig späten Stadium der lysigenen Erweiterung auf; es scheint mir somit nicht ausgeschlossen, dass mein Material noch nicht weit genug in der Verharzung fortgeschritten war, um solche Auflösungsstadien zu enthalten.

Was die Ausbreitung über die Wundfläche betrifft, so liess sich — besonders gut bei L. orientalis — an radialen Längsschnitten feststellen, dass hier wie bei den anderen untersuchten Bäumen ein kleiner Hof unterhalb des Ueberwallungswulstes gebildet wird; mit diesem stehen die Kanäle in Verbindung, und in ihn ergiessen sie ihren Inhalt, der sich dann über die Wundfläche ausbreitet.

L. orientalis, von welchem bedeutend jüngeres Material vorlag, unterscheidet sich in keiner Beziehung von der anderen Art in seinem Verhalten. Das Gewebe war aus viel kleineren Elementen zusammengesetzt, die Zellen waren enger, z. Th. auch stärker verdickt und eine Borke hatte sich nicht gebildet. Das

pathologische Gewebe war diesem Bau entsprechend entwickelt und die Kanäle waren enger, sonst hatten sich alle Vorgänge des Verharzungsprocesses genau in derselben Weise abgespielt als bei L. styraciflua.

---

## Schlussbemerkungen.

Bei der Besprechung des Benzoëbaumes habe ich die Frage nach der Identität der Stammpflanzen der zwei Benzoësorten zu beantworten versucht, und bin zu dem Resultat gekommen, dass die Antwort in bejahender Weise ausfallen muss. Eine anatomische Untersuchung der zwei Toluifera-Arten hat auch ergeben, dass sie sich anatomisch nicht von einander unterscheiden. Morphologisch bieten sie aber einige Unterschiede, so dass u. a. *Berg* und *Schmidt* (93, Bd. II, pag. 35) sich für die Wahrung der specifischen Differenz äussern, allerdings indem sie sich auf die Verschiedenheiten der zwei Producte als einen wesentlichen Grund zur Aufrechthaltung der zwei Arten berufen. Vergleichen wir aber diese morphologischen Unterschiede genauer, wie sie selbst bei sehr characteristischen Exemplaren auftreten, kommt man leicht zu der Ueberzeugung, dass man *Baillon* beipflichten muss, wenn er Toluifera Pereirae als eine (nördliche) Varietät von T. Balsamum auffasst. Zu der Ansicht von *Baillon* neigen auch *Bentley* und *Trimen* (80, Taf. 83), sie ziehen es aber vor, vorlaufig die Arten auseinanderzuhalten, indem einerseits die morphologischen Unterschiede an typischen Exemplaren ziemlich deutlich hervortreten, und andererseits die Producte verschieden sind.

Nach *Berg* und *Schmidt* (93, Bd. II, pag. 31 u. 33) sind die Unterschiede hauptsächlich die folgenden, die aber aus den beigefügten Tafeln nur wenig klar hervorgehen.

T. Balsamum ist ein hoher, bis 40 m. Höhe erreichender Baum, der oft bis zu einer Höhe von 25 m. astfrei ist, während T. Pereirae nur etwa 20 m. hoch wird und schon von Manneshöhe an verästelt ist. T. Balsamum hat im Allgemeinen 3-jochige, T. Pereirae dagegen 4-jochige Blätter. Der Blüthenstand ist bei T. Balsamum ziemlich kurz und gedrängt, bei T. Pereirae schlan-

ker. Die Charactere, die die Blüthen selbst unterscheiden (Länge des Stempels im Verhältniss zu derjenigen der Antheren, Behaarung des Kelches etc.) sind wenig ausgeprägt und nicht constant.

An der angeführten Stelle äussern sich *Berg* und *Schmidt* folgendermassen:

«Wenn es auch keine Schwierigkeiten macht, den Peru- und den Tolubalsambaum zu unterscheiden nach den typischen Exemplaren, wie sie uns — — — zum Studium vorlagen, so wird es in gewissen Fällen keineswegs leicht sein, ein Urtheil über getrocknete Exemplare abzugeben. *Baillon* hat deswegen auch beide Arten vereinigt, indem er die zuletzt besprochene (T. Pereirae) nur als Varietät des Tolubalsambaumes betrachtet. Kein Zweifel kann darüber bestehen, dass die von *Klotsch* aufgestellten Arten nicht haltbar sind, zumal sie nach den uns zur Einsicht vorliegenden Originalen auf Grund eines durchaus mangelhaften Materials beschrieben worden sind. Den Ansichten *Baillons* möchten wir aber so lange nicht beipflichten, als nicht umfangreichere und sorgfältigere Studien an genügendem Material gemacht worden sind. Die wesentliche Verschiedenheit der Balsame spricht doch auch sehr stark für die Wahrung der specifischen Differenz. Sollte sich indes herausstellen, dass das Product seine andere Natur nur der Verschiedenheit in der Gewinnung verdankt, so wurde der Gedanke an einer Verbindung beider Arten mehr Gewicht erhalten.»

Welche sind nun diese «wesentlichen» Verschiedenheiten? Nach *Tschirch* (00, pag. 156 bezw. 171 seq.) sind die Balsame folgendermassen zusammengesetzt (vergl. auch *Trog* (94, pag. 92 seq.) und *Oberländer* (94, pag. 599 seq.)):

| *Perubalsam.* | *Tolubalsam.* |
|---|---|
| Cinnameïn ..... 62—64 % (hauptsächlich $C_6H_5COOCH_2C_6H_5$). | Cinnameïn ..... 7.5 % (hauptsächlich $C_6H_5COOCH_2C_6H_5$). |
| Freie Zimmtsäure ... 5—7 % | Freie Zimmtsäure..12—15 % |
| Zimmtsäureester des Peruresinotannols ($C_{18}H_{20}O_5$) 30 % | Zimmtsäureester des Toluresinotannols ($C_{17}H_{18}O_5$) 75—80 % |
| Vanillin ..... 0.05 % | Vanillin..... 0.05 % |

Wie aus der Zusammenstellung hervorgeht, wird der Unterschied in der Consistenz durch die verschiedenen Mengenverhältnisse zwischen dem flüssigen Cinnameïn und dem festen Tannolester hervorgerufen. Die Tannole selbst sind homolog.

Grössere Unterschiede weisen die zwei Benzoësorten auf (cfr. *Tschirch* (00, pag. 145 seq. bezw. 152 seq.) und *Lüdy* (93, I, pag. 93 seq. bezw. 93, II, pag. 479 seq.)):

| *Sumatrabenzoë.* | *Siambenzoë.* |
|---|---|
| Styrol ..... Spuren | Diese Bestandtheile fehlen in der Siambenzoë. |
| Benzaldehyd ..... — | |
| Benzol ..... — | |
| Zimmtsäurephenylpropylester ..... 1 % | |
| Styracin .....2—3 % | |
| Freie Benzoësäure. | Freie Benzoësäure. |
| Vanillin ..... 1 % | Vanillin ..... 0.15 % |
| Als Hauptbestandtheil: Benzoresinol ($C_{16}H_{26}O_2$) und Sumaresinotannol ($C_{18}H_{20}O_4$) im Verhältnis 5.2 : 64 an Zimmtsäure gebunden. | Als Hauptbestandtheil: Benzoresinol ($C_{16}H_{26}O_2$) und Siaresinotannol ($C_{12}H_{14}O_3$) im Verhältnis 5.1 : 56.7 an Benzoësäure gebunden. |

Erstens fehlen in der Benzoë aus Siam mehrere Bestandtheile der Sumatrabenzoë, die aber alle nur in kleineren Mengen vorkommen, und zweitens sind die Harzester verschieden, indem einerseits die Zimmtsäure, andererseits die Benzoësaure als esterbildend auftreten. Aber auch die Tannole sind bei weitem nicht so nahe verwandt wie bei den Toluiferabalsamen. Die Harze stimmen dagegen in anderen wesentlichen Punkten überein: Die Resinole sind identisch, und das Verhältnis zwischen Resinotannol und Resinol ist annähernd dasselbe. Ebenso bilden die Harzester den Hauptbestandtheil der beiden Producte. Es scheint somit wenigstens ebenso berechtigt zu sein die zwei Toluifera-Arten zu vereinigen als die Identität der Stammpflanzen der zwei Benzoësorten anzunehmen. Die oben citierten Analysen der Toluiferabalsame entkräftigen auch die wesentlichste Einwendung, die *Berg* und *Schmidt* gegen die Vereinigung der zwei Arten gemacht haben.

Unterwerfen wir dann auch die zwei Liquidambar-Arten und ihre Harzproducte einem ähnlichen Vergleich, kommen wir zu überraschend übereinstimmenden Resultaten. Schon *de Candolle* (64, pag. 158) hebt die grosse Aehnlichkeit der zwei Arten hervor: «non nisi glabritie differunt folia fructusque (L. orientalis) a pluribus americanae speciei exemplaribus». Auch *Bentley* und *Trimen* (80, Taf. 107) äussern sich in ähnlicher Weise: «This oriental species is very remarkably allied to the american one, L. styraciflua, from which it only differs in the form of the leaves and in the smaller head of fruit». Der nahen verwandtschaftlichen Beziehungen der zwei Arten thun auch *Berg* und *Schmidt* Erwähnung (93, Bd. II, pag. 86):

«Nach einem äusseren Merkmale ist der orientalische Storaxbaum von dem americanischen (L. styraciflua) zuweilen nur sehr schwer zu unterscheiden, wennschon der letztere gewöhnlich durch lang zugespitzte, nicht gelappte Blattabschnitte erkennbar bleibt. Offenbar ist jener ein directer Abkömmling der im Tertiär über die gesammte nördliche Erdhälfte verbreiteten Stammart, von welcher L. styraciflua kaum unterscheidbar ist. Die letztere wächst auch ausser in America bis Mexico auch noch in Süd-China und Formosa.»

Auch eine anatomische Untersuchung der zwei Arten hat keine Unterschiede ergeben.

In chemischer Hinsicht stehen die Producte einander noch näher als die Balsame der Toluifera-Arten wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht (*Tschirch* und *van Itallie* (01, pag. 61 bezw. 78):

| *Storaxbalsam.* | | *Sweet gum.* | |
|---|---|---|---|
| Freie Zimmtsäure . ca. | 23.0 % | Freie Zimmtsäure .... | 23.4 % |
| Vanillin, Styrol | 2.0 % | Vanillin, Styrol | 2.0 % |
| Styracin, Zimmtsäureæthylester, Zimmtsäurephenylpropylester | 22.5 % | Styracin, Zimmtsäurephenylpropylester | 24.3 % |
| Styresinol ($C_{16}H_{26}O_2$) theils frei, theils an Zimmtsäure gebunden | 36.0 % | Styresinol ($C_{16}H_{26}O_2$) theils frei, theils an Zimmtsäure gebunden | 45.0 % |

Rest: Wasser und Verunreinigungen.

Die Resinole haben dieselbe quantitative Zusammensetzung, denselben Schmelzpunkt, und die angestellten Reactionen ergaben dieselben Resultate; nur ist das specifische Drehungsvermögen des Sweet gum-Resinols bedeutend grösser als dasjenige des anderen (+ 52° im Gegensatz zu 13° 30′). Der einzige Bestandtheil, der dem Sweet gum fehlt, ist die kleine Menge Zimmtsäureæthylester des Storaxbalsams.

Ein Umstand, der sich nur schwierig erklären lässt, ist derjenige, dass die in Buitenzorg an den Toluifera-Arten angebrachten Verletzungen keinen Harzfluss erzeugt haben. Die Verwundungen sind, wie aus dem oben citierten hervorgeht, tiefgehend genug gewesen, um unter anderen Umständen einen Harzfluss anregen zu können. Dass die Stücke nicht geschwelt worden sind, scheint nach den Angaben von *Preuss* nicht die Ursache gewesen zu sein. Aehnliche Erscheinungen können, wie es scheint, auch bei Styrax Benzoïn auftreten. Von ihm theilt nämlich *Tschirch* mit (92, pag. 133), dass er in Java in einigen grossen Plantagen kein oder nur wenig Harz liefere, trotzdem die Arbeit von Sumatranern, die aus ihrer Heimat die dortige Gewinnungsart genau kennen, ausgeführt wurde.

Unter der Voraussetzung, dass die zwei Toluifera-Arten nur als Formen einer und derselben Art aufzufassen sind, und dass ebenso die zwei Liquidambar-Arten zu vereinigen sind, und dass ferner die zwei Benzoësorten von specifisch nicht verschiedenen Bäumen herrühren, kann man viele Umstände in die Discussion hineinziehen, um die erwähnten Unterschiede der Harzproducte und das verschiedene Verhalten der Bäume unter von einander abweichenden Verhältnissen zu erklären. Man kann an die Unterschiede der Gewinnungsmethoden der Harzproducte denken. Soviel wir aber wissen, werden die zwei Benzoësorten in derselben Weise gewonnen, und es ist nicht leicht zu erklären, wie eine vorübergehende Erhitzung des Stammes des Perubalsambaumes ein von dem Tolubalsam in der Consistenz so abweichendes Product bedingen kann. Der Unterschied zwischen dem Peru- und dem Tolubalsam könnte auch darauf beruhen, dass der erstere mit Wasser aus den Sammellappen und den Rindenstücken ausgekocht wird. Ein solches Verfahren würde aber höchstens eine Verseifung der Ester hervorrufen können, was nicht zutrifft, und ohnedies existieren keine so tiefgreifende Unter-

schiede zwischen den Liquidambarbalsamen, von denen der orientalische auch durch Auskochen von Holz- und Rindensplittern gewonnen wird. Ferner kann man annehmen, dass climatische Verhältnisse eine Rolle spielen, oder dass die Natur des Harzproductes von Bodenverhältnissen physicalischer oder geographischer Natur abhänge. Aehnliche Ursachen könnten auch das Eintreten eines Harzflusses bedingen oder verhindern. Versuche, die eine solche Annahme bestätigen können, liegen aber nicht vor, und wir müssen eine andere Erklärung suchen.

Zu der vielleicht am meisten ungezwungenen Erklärung der oben erwähnten Thatsachen kommen wir, wenn wir annehmen, dass erstens Tolu- und Perubalsam, dann auch die beiden Benzoësorten und endlich der orientalische und der americanische Storax von physiologischen Varietäten derselben Arten abstammen. Diese Hypothese, die ich Herrn Prof. *Tschirch* verdanke, wird durch viele Erscheinungen gestützt und scheint die einfachste Erklärung zu geben. Der Begriff einer physiologischen Varietät ist in der descriptiven und systematischen Botanik nicht neu, wenn er auch bis jetzt hauptsächlich bei den Cryptogamen (Eumyceten und Schizomyceten) angewendet worden ist, aber auch z. B. für Cannabis sativa und C. indica benutzt wurde. Unter physiologischen Varietäten wären dann Formen zu verstehen, die sich eventuell durch geringfügige, wenig constante morphologische Merkmale unterscheiden, die aber mehr oder weniger verschiedene Stoffwechselproducte liefern. Von den zwei Toluiferaformen und den zwei Liquidambararten wissen wir, dass habituelle Unterschiede bestehen. Bei den Styrax-Benzoïn-Formen, wissen wir nicht genau, ob es der Fall ist, da der siamesische Benzoëbaum wenig bekannt ist. Anatomisch bestehen aber in keinen von den erwähnten Fällen Unterschiede.

Diese Annahme erklärt leicht und ungezwungen die Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der correspondierenden Harzproducte und auch den Umstand, dass die betreffenden Formen unter — bis jetzt unbekannten — Bedingungen auch einmal kein oder nur wenig Harz liefern.

So mag denn die Hypothese *Tschirchs,* welche Toluifera Balsamum und T. Pereirae sowie die beiden Arten von Styrax Benzoïn, die die Siam- und die Sumatra-Benzoë liefern, und endlich auch Liquidambar styraciflua und L. orientalis als physio-

logische Varietäten ähnlich wie Cannabis sativa und C. indica betrachtet, in den Vordergrund gestellt werden.

Wenn wir die Resultate der obigen Arbeit zusammenfassen, so lassen sich kaum ganz allgemeingültige Gesetze aufstellen, indem die Toluiferaformen sich abweichend verhalten haben. Nur in der Beziehung stimmen sie mit den anderen untersuchten Pflanzen überein, dass ihr Wundgewebe auch aus parenchymatischen Elementen mit inhaltsreichen, dünnwandigen Zellen besteht. Wie und wo ihre Harzproducte entstehen, lässt sich nicht sagen. Nur so viel kann man mit Sicherheit behaupten, dass sie ihr Entstehen einem pathologischen Processe verdanken müssen.

Sehen wir aber von diesen ab, so lassen sich die Ergebnisse meiner Arbeit folgendermassen zusammenfassen:

*1.* Die Harze der untersuchten Pflanzen sind pathologische Producte, die infolge von Verwundungen gebildet werden.

*2.* Nach jeder bis an das Cambium gebenden Verletzung bildet sich ein pathologisches Neuholz, das sich durch seinen tracheïdalparenchymatischen Character auszeichnet und später, weiter nach aussen in normales Holz übergeht. Das Altholz zeigt ausgesprochene Wundholzbildung, indem es bis zu einer grösseren oder kleineren Entfernung von der Wundstelle seine Gefässe durch Thyllen oder Bassorin verschliesst.

*3.* Ist die Verwundung tiefgehend genug, und wird eine genügend grosse Fläche des Holzkörpers blossgelegt, so treten in dem um die Wunde herum gebildeten Neuholze Harzkanäle auf. Diese entstehen schizogen in dem Tracheïdalparenchym und erweitern sich lysigen. Dieser Erweiterungsprocess kann sich in verschiedener Weise abspielen. Die Kanäle verschmelzen durch Auflösen des ganzen parenchymatischen Gewebes mit Ausnahme grösserer Theile der Markstrahlen zu einem anastomasierenden Netzwerk, das mit einem engen Spalt zwischen dem blossgelegten Altholz und dem Ueberwallungswulste in Verbindung steht. Durch diesen ergiessen sie ihren Inhalt über die Wundfläche.

*4.* Die untersuchten Dicotylen zeigen eine weit geringere Neigung zu einer Harzgallenbildung als die Abietineen.

*5.* Wie bei den Abietineen bewirkt eine Schwelung allein ohne ein Entfernen der Rinde keinen Harzfluss.

*6.* Der Wundreiz ist von der Grösse der Wunde abhängig und äussert sich bei weitem am ausgeprägtesten in dem oberhalb der Wunde befindlichen Zweigtheil.

*7.* Die Rinde nimmt nur ausnahmsweise an dem Harzfluss theil, jedenfalls erst in einem späteren, weiter vorgerückten Stadium. Wie im Holzkörper so treten auch hier schizolysigene Harzbehälter auf, die sich aber in den Markstrahlen der Rinde bilden, die mit von der Verharzung angegriffenen Markstrahlen des Holzes in Verbindung stehen.

*8.* Die pathologische Harzbildung ist von der Anwesenheit normaler Harzkanäle in den gesunden Geweben gänzlich unabhängig. Wo sie vorhanden sind, betheiligen sie sich nicht an dem pathologischen Harzfluss.

*9.* Bei dem Peru- und dem Tolubalsam scheinen die Verhältnisse complicierterer Natur zu sein. Doch reichte das vorhandene Material zur Beantwortung der Frage, wie diese Verhältnisse hier liegen, nicht aus.

# Verzeichnis der citierten Litteratur.


*A. Bécheraz:* Ueber die Secretbildung in den schizogenen Gängen. Dissertation Bern 1893 [*Bécheraz* 93].

*Robert Bentley* and *Henry Trimen:* Medical Plants etc. Band II, London 1880 [*Bentley* and *Trimen* 80].

*Otto Berg:* Pharmaceutische Warenkunde. Berlin 1863 [*Berg* 63]. Neue Ausgaben durch *A. Garcke.* Berlin 1869 und 1879 [*Berg* 69, 79].

*C. O. Berg* und *C. F. Schmidt:* Atlas der officinellen Pflanzen. Zweite verbesserte Auflage durch *A. Meyer* und *K. Schumann.* Leipzig 1892—1895 [*Berg* und *Schmidt* 93].

*Burck:* Sur les Diptérocarpées des Indes Néerlandaises. Annales du Jardin botanique de Buitenzorg 1887 [*Burck* 87].

*Alfonse De Candolle:* Prodromus systematis naturalis vegetabilium. Band 16. Paris 1864 [*De Candolle* 64].

*I. Cremer:* Studien über Elemi. Dissertation Bern 1902 [*Cremer* 02].

*F.* und *I. W. Döbereiner:* Deutsches Apothekerbuch. I. Pharmaceutische Technologie und Warenkunde. Stuttgart 1842 [*Döbereiner* 42].

*Engler* und *Prantl:* Die natürlichen Pflanzenfamilien. Band III, Abth. 2 a: Hamamelidaceae von *F. Niedenzu.* Band III, Abth. 4: Burseraceae von *A. Engler,* und Band III, Abth. 6: Dipterocarpaceae von *D. Brandis* und *E. Gilg.* Leipzig 1891—96 [*Engler* und *Prantl*].

*C. v. Ettingshausen:* Physiographie der Medicinalpflanzen. Wien 1862 [*v. Ettingshausen* 62].

*E. Faber:* Experimental-Untersuchungen über die Entstehung des Harzflusses bei den Abietineen. Dissertation Bern 1901 [*Faber* 01].

*F. A. Flückiger:* Lehrbuch der Pharmacognosie des Pflanzenreiches. Berlin 1867 [*Flückiger* 67].

— Pharmacognosie des Pflanzenreiches, 3. Aufl. Berlin 1891 [*Flückiger* 91].

— and *D. Hanbury:* Pharmacographia etc. London 1874 [*Flückiger* und *Hanbury* 74].

*A. B. Frank:* Die Krankheiten der Pflanzen. Band I. Berlin 1895 [*Frank* 95].

*Ph. L. Geiger:* Pharmaceutische Botanik. Zweite Auflage, bearbeitet von *Nees v. Esenbeck* und *I. H. Dierbach.* Erste Hälfte. Heidelberg 1839 [*Geiger* 39].

*H. Germann:* Ueber die Früchte von Myroxylon Pereirae und den weissen Perubalsam. Mitgetheilt von *A. Tschirch.* Archiv der Pharmacie, Band 234, Heft 9. Berlin 1896 [*Germann* 96].

*N. I. B. Guibourt:* Pharmaceutische Warenkunde, übersetzt von *G. W. Bischoff.* Nürnberg 1824 [*Guibourt* 24].

— Histoire naturelle des drogues simples. Édition cinquième. Tome II. Paris 1849 [*Guibourt* 49].

— Histoire naturelle des drogues simples. Édition sixième par *G. Planchon* augmentée. Tome II. Paris 1876 [*Guibourt* 76].

*G. Haberlandl:* Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1896 [*Haberlandt* 96].

*Henkel:* Handbuch der Pharmacognosie. Tübingen 1867 [*Henkel* 67].

— Warenlexicon für Drogisten, Apotheker und Kaufleute. Berlin 1893 [*Henkel* 93].

*L. van Itallie:* Ueber den orientalischen und den amerikanischen Storax. Dissertation Bern 1901 [*van Itallie* 01].

*Köhlers* Medicinalpflanzen, herausgegeben von *G. Pabst.* Gera-Untermhaus 1890 [*Köhler* 90].

*Fr. Lüdy:* Studien über die Sumatrabenzoë und ihre Entstehung. Mitgetheilt von *A. Tschirch.* Archiv der Pharmacie, Band 231. Berlin 1893 [*Lüdy* 93, I].

— Studien über die Siambenzoë. Mitgetheilt von *A. Tschirch.* Archiv der Pharmacie, Band 231. Berlin 1893 [*Lüdy* 93, II].

*Th. W. C. Martius:* Grundriss der Pharmacognosie des Pflanzenreiches. Erlangen 1832 [*Martius* 32].

*H. Mayr:* Entstehung und Vertheilung der Secretionsorgane der Fichte und der Lärche. Botanisches Centralblatt, Band 20. Cassel 1884 [*Mayr* 84].

— Das Harz der Nadelhölzer. Berlin 1894 [*Mayr* 94].

*I. Moeller:* Ueber Liquidambar und Storax. Zeitschrift des allgemeinen österreichischen Apothekervereins. Jahrgang 34. Wien 1896 (*Moeller* 96].

*N. I. C. Müller:* Untersuchung über die Vertheilung der Harze, ätherischen Oele, Gummi und Gummiharze und die Stellung der Secretbehälter im Pflanzenkörper. Pringsheims Jahrb., Band V. Leipzig 1867 [*Müller* 67].

*Peter Nottberg:* Experimental-Untersuchungen über die Entstehung der Harzgallen und ähnlicher Gebilde bei unseren Abietineen. Dissertation Bern 1897 [*Nottberg* 97].

*P. Oberländer:* Ueber den Tolubalsam. Mitgetheilt von *A. Tschirch.* Archiv der Pharmacie, Band 232. Berlin 1894 [*Oberländer* 94].

*C. A. J. A. Oudemans:* Handleiding tot de Pharmacognosie van het plantenen dierenrijk. Amsterdam 1880 [*Oudemans* 80].

*Jonathan Pereira*: Handbuch der Heilmittellehre, bearbeitet von *Rudolf Buchheim.* Leipzig 1848 [*Pereira* 48].

*P. Preuss*: Ueber den Perubalsam in Centralamerica und seine Gewinnung. Berichte der deutschen pharmaceutischen Gesellschaft. Band 10. Berlin 1900 [*Preuss* 00].

*Ratzeburg*: Die Waldverderbniss. Berlin 1868 [*Ratzeburg* 68].

*E. Russow*: Ueber Tüpfelbildung und Inhalt der Bastparenchym- und Baststrahlzellen der Dicotylen und Gymnospermen. Sitzungsberichte der Dorpater Naturforschergesellschaft 1882. Autorreferat im botanischen Centralblatt, Band 13. Cassel 1883 [*Russow* 83].

*Willy Sieck*: Die schizolysigenen Secretbehälter. Dissertation Bern 1895. Auch in Pringsheims Jahrbüchern, Band XXVII. Leipzig 1895 [*Sieck* 95].

*H. Solereder*: Systematische Anatomie der Dicotylen. Stuttgart 1899 [*Solereder* 99].

*H. Trog*: Studien über den Perubalsam und seine Entstehung. Mitgetheilt von *A. Tschirch*. Archiv der Pharmacie, Band 232. Berlin 1894 [*Trog* 94].

*A. Tschirch*: Ueber die Entwicklungsgeschichte einiger Secretbehälter und die Genesis ihrer Secrete, besonders des Copaivabalsams und der Benzoë. Der Fortschritt. 4ter Jahrgang, Genf 1888. [*A. Tschirch* 88 I].

— Ueber die Entwicklungsgeschichte einiger Secretbehälter und die Genesis ihrer Secrete. Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft, Band 6. Berlin 1888 [*Tschirch* 88 II].

— Angewandte Pflanzenanatomie. Band I. Berlin 1889 [*Tschirch* 89].

— Indische Heil- und Nutzpflanzen u. deren Cultur. Berlin 1892 [*Tschirch* 92].

— Ueber die Bildung von Harzen und ätherischen Oelen im Pflanzenkörper. Pringsheims Jahrbücher, Band XXV. Leipzig 1893 [*Tschirch* 93].

— Ueber Secrete und Secretbildung. Separatabdruck aus der «Pharmaceutischen Post», Jahrgang 1894. Wien 1894 [*Tschirch* 94].

— Die Harze und die Harzbehälter. Leipzig 1900 [*Tschirch* 00].

— und *O. Oesterle*: Anatomischer Atlas der Pharmacognosie und Nahrungsmittelkunde. Leipzig 1900 [*Tschirch* und *Oesterle* 00].

*Henri Walliczek*: Studien über die Membranschleime vegetativer Organe. Dissertation Bern 1893. Auch Pringsheims Jahrbücher, Band XXV. Leipzig 1893 [*Walliczek* 93].

*J. Wiesner*: Untersuchungen über die Abstammungen und die Eigenschaften einiger Harze. I. Die Benzoë von Singapore. Microscopische Untersuchungen aus dem Laboratorium für Microscopie und technische Warenkunde am k. k. polytechnischen Institute in Wien. Stuttgart 1872. [*Wiesner* 72].

— Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Leipzig 1873 [*Wiesner* 73].

*A. Wigand*: Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle. Pringsheims Jahrbücher, Band III. Berlin 1863 [*Wigand* 63].

— Lehrbuch der Pharmacognosie. 3te Auflage. Berlin 1879 [*Wigand* 79].

*A. Wiggers*: Grundriss der Pharmacognosie. Göttingen 1840 [*Wiggers* 40].

*Alfred Will*: Beiträge zur Kentniss von Kern- und Wundholz. Dissertation Bern 1899 [*Will* 99].

3

ECONOMIC BOTANY LIBRARY
OF OAKES AMES

HARVARD UNIVERSITY